

**Universidad
Autónoma
Metropolitana**



Casa abierta al tiempo

Azcapotzalco

DIVISIÓN DE CIENCIAS Y ARTES PARA EL DISEÑO
Especialización, Maestría y Doctorado en Diseño

CARACTERIZACIÓN TÉRMICA DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSÍ

Evaluación del comportamiento térmico en viviendas de interés social

Yaheshua Melquisedek Márquez Hernández

Tesis para optar por el Grado de Maestro en Diseño
Línea de investigación: Diseño Bioclimático

Miembros del Jurado:

Mtra. Gloria María Castorena Espinosa
Directora de la tesis

Dr. Aníbal Figueroa Castrejón
Dr. José Roberto García Chávez
Mtro. Héctor Valerdi Madrigal
Dr. Hugo Eduardo Solís Correa

México D.F.
Noviembre de 2014

Resumen

Esta tesis presenta, mediante el análisis de casos de estudio, deficiencias existentes en el comportamiento térmico de distintos espacios de viviendas de interés social en la ciudad de San Luis Potosí. Para este fin, se llevó a cabo el análisis y evaluación del comportamiento térmico de prototipos de vivienda de interés social, se determinó el índice de confort térmico presente en los espacios de estudio y se establecieron recomendaciones de diseño para mejorar las condiciones de temperatura presentes en estas viviendas.

La investigación comienza con un estudio sobre las condiciones, necesidades y oferta actual de vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí. Posteriormente se desarrolla un análisis climático para establecer las condiciones físicas de la ciudad en la que se encuentran las viviendas pertinentes a este documento. A continuación se elabora un análisis bioclimático de la localidad, mediante el cual se establecen parámetros de evaluación del comportamiento térmico de las edificaciones analizadas. La sección siguiente del documento consiste en el análisis del comportamiento térmico de las viviendas. Para desarrollar dicho análisis, se registra de forma horaria la temperatura presente en los espacios seleccionados durante 30 días aproximadamente, en los periodos extremos de frío y calor en la ciudad de San Luis Potosí. Finalmente, se establecen conclusiones y recomendaciones pertinentes para el mejoramiento de edificaciones existentes, así como para la creación de nuevos edificios de este tipo.

Esta investigación ofrece información tangible sobre el tema de confort térmico en viviendas de interés social en la ciudad de San Luis Potosí y establece un punto de partida para mejorar las condiciones de temperatura en dichas viviendas, convirtiéndose así en una herramienta auxiliar para la toma de decisiones sobre el diseño de este tipo de espacios.

Abstract

The present thesis exposes, by means of the analysis of several study cases, deficiencies in the thermal behavior of several spaces present in social housing in the city of San Luis Potosí. For this purpose, it was conducted an analysis and evaluation of the thermal behavior of several prototypes of social housing, it was determined the thermal comfort rating in the spaces of analysis and, lastly, design guidelines were established, for the improvement of the thermal conditions present in such spaces.

The research begins with a survey about the present conditions, needs and current offer of social housing in the city of San Luis Potosí. Later, a climatic study is developed, with the objective of establishing the physical conditions present in the city where the study prototypes are established. Next, a bioclimatic analysis on the location is made, by means of which thermal behavior evaluation parameters are established, for the edifices analyzed in this research. Next section of the document consists in the thermal behavior analysis of the houses. For the development of said analysis, the temperature present in the chosen spaces is registered hourly, for 30 days approximately, during the extreme hot and cold annual periods in the city of San Luis Potosí. Lastly, findings, conclusions and recommendations applicable for the betterment of this type of edifices are established, for existing housing and for the development of new housing.

This research offers tangible information about the thermal comfort in social housing theme, for the city of San Luis Potosí. It also establishes a starting point for the improvement of the temperature conditions inside this type of housing, becoming an auxiliary tool for decision making about social housing design.

Capítulo 1 - Introducción	1
1.1.1 Antecedentes.....	1
1.1.2 Planteamiento del problema	4
1.1.3 Hipótesis general	5
1.1.4 Objetivo general.....	5
1.1.5 Motivación para elaborar la investigación	5
1.1.6 Procedimiento general	6
1.1.7 Desarrollo del documento	6
1.2 Marco teórico	9
1.3 Marco metodológico.....	11
1.3.1 Objetivos.....	11
1.3.2 Hipótesis	12
1.3.3 Preguntas de investigación	13
1.3.4 Metodología empleada	13
Capítulo 2 - La vivienda de interés social en San Luis Potosí	14
2.1 Definición	14
2.2 Situación actual.....	16
2.3 Tipología de vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí	18
2.3.1 Esquemas de funcionamiento y distribución	20
2.4 Antecedentes de bioclimatización en viviendas de interés social	23
Capítulo 3 - Clima en la ciudad de San Luis Potosí.....	29
3.1 Ubicación geográfica	29
3.2 Condiciones climáticas presentes en la ciudad de San Luis Potosí	30

3.3 Análisis paramétrico.....	31
3.4 Descripción y análisis solar, orientación óptima para vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí	37
Capítulo 4 Bioclima en la ciudad de San Luis Potosí.....	40
4.1 Análisis bioclimático.....	41
Capítulo 5 Comportamiento térmico de las viviendas de interés social	54
5.1 Casos de estudio	54
5.2 Comportamiento térmico de los casos de estudio	59
5.2.1 Temporada fría	59
5.2.1.1 Prototipo sureste.....	60
5.2.1.2 Prototipo noroeste.....	68
5.2.2 Temporada cálida	75
5.2.2.1 Prototipo sureste.....	76
5.2.2.2 Prototipo noroeste.....	80
5.3 Evaluación del comportamiento térmico de los casos de estudio	84
5.3.1 Temporada fría	85
5.3.2 Temporada cálida	97
Capítulo 6 - Conclusiones y recomendaciones	113
6.1 Recomendaciones	114
6.2 Conclusiones	137
Bibliografía.....	141
Índice de gráficos y tablas.....	143
Imágenes	143
Tablas	144

Gráficas	145
ANEXOS	I

Capítulo 1 - Introducción

1.1.1 Antecedentes

La población a nivel nacional se encuentra en constante incremento. De acuerdo con los datos censales, a partir del año 2000 ha existido una tasa de crecimiento de más del 1% anual. De acuerdo a las proyecciones realizadas por el CONAPO, la población seguirá creciendo hasta alcanzar cerca de 130 millones de habitantes en el año 2040 (actualmente, la cifra es de 112,336,538). También la estructura de edades de la población ha cambiado. Se está pasando de una población con un marcado predominio de menores de edad, a uno donde los jóvenes son la proporción más importante. Con lo anterior se presenta, también, un incremento en la demanda de espacios habitacionales.

En San Luis Potosí, se presenta un comportamiento similar. San Luis Potosí, capital del estado homónimo, presentó un crecimiento poblacional de cerca del 1% (.95), en relación al censo del 2005 con el del 2010 (del 2000 al 2005 se presentó un crecimiento del .91%). En el año 2000, la población era de 670,532 habitantes, en el 2005, de 730,950 y, de acuerdo al último censo de población, en el 2010 la cantidad ascendió a 772,604 (INEGI, 2011). Al crecer la población, la mancha urbana también se extendió, hasta superar la conurbación con otro municipio, formando una zona metropolitana, y quedando en conurbación con otros tantos. Actualmente, la zona metropolitana San Luis Potosí – Soledad de Graciano Sánchez alcanza una cifra poblacional de 1,040,443 habitantes, y considerando la zona conurbada integrada por San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, Villa de Reyes, Mexquitic de Carmona y Zaragoza se llega al potencial de 1,165,379 habitantes (INEGI, 2011).

La demanda de espacios habitacionales se incrementa con la población. En cuanto a la zona conurbada, aunque no pertenecen a la capital de manera política, sí se toman los modelos de crecimiento y desarrollo de la capital, en gran parte debido a la cercanía que sostienen con ésta.

La vivienda de interés social que se construye actualmente en la ciudad de San Luis Potosí, y al igual que en el resto de la república mexicana, no brinda índices adecuados de confort térmico a sus usuarios. El comportamiento térmico que presenta este tipo de edificaciones es deficiente.

Los momentos más críticos del año, en cuanto a temperatura se refiere, se ven agravados en el interior de estos espacios. En la temporada calurosa, que suele presentarse al final de la primavera y que se extiende durante el verano, en dichas edificaciones existe un sobrecalentamiento, amplificado incluso con respecto a la temperatura exterior. En el invierno, estación en la cual la temperatura alcanza sus valores más bajos, los espacios de este tipo de vivienda están en condiciones constantes de bajo calentamiento.

Generalmente, los valores de temperatura presentes en las viviendas de interés social no se encuentran dentro de un rango de confort aceptable. Esto es debido a que se ignoran o se descartan las condiciones climáticas propias de la localidad en que se proyectan estos edificios habitacionales (la ciudad de San Luis Potosí en este caso) y, además, no se aplican principios de diseño bioclimático en la concepción y creación de dichos proyectos.

Sin embargo, debido a ciertas características de estas edificaciones y a la forma en que son creadas por los grupos desarrolladores de vivienda, resulta prácticamente imposible reestructurar por completo la forma en que son generadas dichas viviendas. De momento resulta más factible trabajar y modificar prototipos de vivienda actuales, de forma que se mejoren las condiciones de confort térmico en éstas, de acuerdo a las condiciones climáticas existentes en el sitio en que se construyen.

Para este fin es necesario conocer y comprender el comportamiento térmico que tienen los prototipos de vivienda económica actuales, con el fin de establecer estrategias de diseño bioclimático pertinentes a dichos prototipos de vivienda.

El fin de esta investigación es, entonces, determinar el comportamiento térmico de prototipos de vivienda de interés social, en la ciudad de San Luis Potosí, evaluar dicho comportamiento térmico con base en parámetros de confort y estrategias de diseño bioclimático y, finalmente, brindar una serie de recomendaciones para mejorar las condiciones de confort térmico en estos espacios.

1.1.2 Planteamiento del problema

La vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí no brinda un confort térmico adecuado a sus usuarios. En los momentos cálidos, estos espacios se sobrecalientan; durante los momentos más fríos, existen condiciones constantes de bajo calentamiento. Los rangos de temperatura presentes en dichos espacios salen, generalmente, de un rango aceptable de confort. Lo anterior se debe a que dichas edificaciones tienen un comportamiento térmico inadecuado, en relación al clima de la localidad en la que se construyen. Esto repercute en el bienestar general de los usuarios de éstas viviendas.

Esta investigación abordará el tema de confort térmico en viviendas de interés social, en la ciudad de San Luis Potosí, y a través de una caracterización térmica de las mismas, con el fin de identificar los problemas principales, en cuanto a comportamiento térmico, que se presentan en dichas edificaciones.

El desarrollo de esta investigación comprenderá un análisis climatológico del sitio; el registro y análisis del comportamiento térmico de la vivienda de interés social construida en la capital potosina, durante las temporadas más críticas del año; la evaluación del comportamiento térmico que tienen estas viviendas; recomendaciones y estrategias de diseño bioclimático aplicables a los prototipos de vivienda que se analicen para mejorar el comportamiento térmico registrado.

1.1.3 Hipótesis general

Las viviendas de interés social, construidas actualmente en San Luis Potosí, no le brindan confort térmico a los usuarios que las habitan. Esto es debido a que dichas edificaciones presentan un comportamiento térmico deficiente, porque no se toman en cuenta las condiciones climáticas del sitio y no se aplican principios de diseño bioclimático en su creación.

1.1.4 Objetivo general

Determinar el comportamiento térmico de la vivienda de interés social, en la ciudad de San Luis Potosí, de acuerdo a las condiciones climáticas del sitio y realizar una evaluación de dicho comportamiento térmico, con base en parámetros de confort de diseño bioclimático.

1.1.5 Motivación para elaborar la investigación

El mejoramiento de la vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí, mediante el conocimiento de las posibles fallas o deficiencias de confort térmico en este tipo de vivienda, partiendo del análisis del comportamiento térmico de dichas viviendas. Esta investigación se propone como un punto de partida que habrá de auxiliar a establecer estrategias de diseño que permitan mejorar las condiciones térmicas al interior de dichos espacios.

1.1.6 Procedimiento general

- Búsqueda y recopilación de datos e información
- Selección de caso de estudio
- Análisis de sitio
- Análisis bioclimático
- Proceso experimental
- Análisis de resultados – evaluación
- Diagnóstico
- Conclusiones

1.1.7 Desarrollo del documento

Capítulo 2 - La vivienda de interés social en San Luis Potosí

En este capítulo se aborda la situación actual y condiciones de vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí. Condiciones tales como la demanda actual, las necesidades de vivienda y el déficit existente. Se definen, también, conceptos básicos sobre el tema de vivienda.

En este apartado del documento se analiza la oferta existente de vivienda en la localidad de estudio. Las tipologías de vivienda y los esquemas de distribución y funcionamiento predominantes en los prototipos de vivienda, se presentan en este capítulo.

Finalmente, en este capítulo se presentan los antecedentes , en la localidad de estudio, sobre arquitectura bioclimática en espacios de interés social.

Capítulo 3 - Clima en la ciudad de San Luis Potosí

Este capítulo se trata de un análisis climático de la localidad de estudio. Dicho análisis climático consiste en una breve sinópsis sobre las condiciones climáticas del sitio; en un análisis paramétrico del clima local (desarrollado con la metodología del Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet, profesor del posgrado de diseño bioclimático de la Universidad Autónoma Metropolitana campus Azcapotzalco); y, finalmente, un análisis solar de la ciudad de San Luis Potosí. Lo anterior se desarrolla con el fin de comprender las condiciones físicas de la ciudad en la cual se encuentran emplazadas las viviendas de estudio de este documento

Capítulo 4 - Bioclima en la ciudad de San Luis Potosí

Este apartado consiste en un análisis bioclimático para la ciudad en cuestión. El análisis bioclimático se desarrolla bajo la metodología del Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet, profesor del posgrado de diseño bioclimático de la Universidad Autónoma Metropolitana campus Azcapotzalco. El mencionado análisis consiste en el uso de una variedad de herramientas de diseño/diagnóstico bioclimático, empleadas para determinar parámetros de confort térmico en el diseño arquitectónico. El fin de este capítulo es establecer parámetros de comparación para evaluar correctamente el confort térmico al interior de los espacios de estudio.

Capítulo 5 - Comportamiento térmico de las viviendas de interés social

Este capítulo contiene el registro y análisis del comportamiento térmico de los espacios de análisis. Es decir, el registro de temperatura, así como la evolución de la misma, durante las distintas horas del día. Para el desarrollo de este análisis, se observa el comportamiento térmico diario de los espacios, durante un periodo de tiempo aproximado a un mes, y en dos temporadas distintas del año (fría y cálida).

En este capítulo se exponen las posibles deficiencias en el comportamiento térmico de las viviendas analizadas. Este apartado es, principalmente, de carácter descriptivo.

Capítulo 6 - Conclusiones y recomendaciones

Capítulo final del documento. En este apartado se presenta una evaluación final del comportamiento térmico en los espacios de análisis así como una breve serie de recomendaciones con el fin de mejorar las condiciones de temperatura en dichos espacios.

1.2 Marco teórico

Actualmente se está presentando un particular interés por este tipo de proyectos, en particular en cuanto a sustentabilidad, energía y bioclimatización se refiere. Se están desarrollando distintas investigaciones acerca del tema. Desafortunadamente, no existe aún para la localidad que en esta investigación se trata, la ciudad de San Luis Potosí.

Respecto a documentos existentes que traten o contengan bioclimatización en vivienda, es conveniente ejemplificar, y para este fin se expone la guía CONAFOVI (Consejo Nacional de Fomento a la Vivienda) de uso eficiente de energía. Se trata de un documento sobresaliente por la claridad y sencillez con la que expone los contenidos del mismo, incluido sobre diseño bioclimático y su aplicación. Contiene estrategias para toda la república mexicana, sin embargo, y en el particular caso de San Luis Potosí, la información presente es incompleta. De acuerdo con esta guía, el bioclima en la ciudad de San Luis Potosí es de tipo templado seco. De acuerdo al análisis climático realizado en esta investigación, la capital potosina presenta un bioclima semifrío seco. Esta diferencia se debe a que el clima presente en la localidad se encuentra en el umbral de ambos tipos de clima (templado y semifrío). Si bien no se invalidan las estrategias de diseño presentes en la guía CONAFOVI, sí resulta conveniente verificar la veracidad de las mismas, con base en el análisis climático y bioclimático desarrollados en esta investigación.

Existen, además, distintas investigaciones similares, que si bien surgen con distintos objetivos, comparten procedimientos y características con el trabajo que en este documento se realiza. Se toman en particular dos casos.

El primero, es el proyecto "reglamentación y normatividad para arquitectura bioclimática", realizado en colaboración de distintas instituciones e individuos. Por citar algunos de los participantes, se tiene a la UAM Azcapotzalco, a la Universidad de Colima, Universidad de Sonora y a la Universidad Estatal de Campinas, entre otros.

Este proyecto presenta una metodología similar a la empleada en esta investigación, consistente en monitorear de forma física y mediante una simulación digital, distintos espacios habitacionales, con el fin de obtener el desempeño energético de las edificaciones.

El segundo caso comparativo, es el proyecto "diseño energético sustentable de viviendas de interés social en Catamarca" elaborado por el Arq. Mg. Lucio Molas, para la universidad de Catamarca en Argentina. Para esta investigación, también se llevó a cabo un registro físico de las temperaturas presentes en distintos espacios de una vivienda de interés social, seguido de una serie de recomendaciones para la optimización energética y el mejoramiento de las condiciones térmicas de los espacios. De estos dos proyectos se analiza la metodología utilizada y, finalmente, se obtiene una adecuada para el desarrollo del presente trabajo de investigación.

1.3 Marco metodológico

1.3.1 Objetivos

Objetivo general

Determinar el comportamiento térmico de la vivienda de interés social, en la ciudad de San Luis Potosí, de acuerdo a las condiciones climáticas del sitio y realizar una evaluación de dicho comportamiento térmico, con base en parámetros de confort de diseño bioclimático.

Objetivos particulares

- Conocer la propuesta actual de la vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí
- Conocer y analizar las condiciones climáticas de la ciudad de San Luis Potosí
- Establecer parámetros de confort óptimos, de acuerdo con estrategias de diseño bioclimático, contra los cuales habrá de valorarse la propuesta actual de vivienda de interés social, en la ciudad de San Luis Potosí.
- Analizar y evaluar el comportamiento térmico de prototipos de vivienda de interés social.
- Elaborar una serie de recomendaciones y estrategias de diseño bioclimático, para la adecuación de prototipos de vivienda existentes.

1.3.2 Hipótesis

Hipótesis general

Las viviendas de interés social, construidas actualmente en San Luis Potosí, no le brindan confort térmico a los usuarios que las habitan. Esto es debido a que dichas edificaciones presentan un comportamiento térmico deficiente, porque no se toman en cuenta las condiciones climáticas del sitio y no se aplican principios de diseño bioclimático en su creación.

Hipótesis particulares

- Las viviendas de interés social que se construyen en la ciudad de San Luis Potosí no brindan un índice adecuado de bienestar a sus usuarios. Esto se debe a que no existe una propuesta adecuada que cuide los aspectos cualitativos del tipo de vivienda en cuestión.
- Las viviendas de interés social en S.L.P. se proyectan sin considerar (o sin conocer) las condiciones climáticas del sitio en que se construyen.
- Las viviendas de interés social no procuran un índice adecuado de confort térmico a sus usuarios debido a que se desconocen y/o se descartan principios básicos de diseño bioclimático.
- Las viviendas de interés social en la capital potosina presentan un comportamiento térmico deficiente. Por consiguiente, el índice de confort térmico que éstas brindan a sus usuarios es mínimo.
- El registro, comprensión y evaluación del comportamiento térmico de los prototipos de interés social, puede traducirse en una propuesta de mejoramiento de la vivienda original, incrementando la habitabilidad de la misma.

1.3.3 Preguntas de investigación

- ¿Ofrecen las viviendas de interés social, en la ciudad de San Luis Potosí, índices adecuados de confort térmico al interior de sus espacios?
- ¿Cuál es el comportamiento térmico en el interior de las viviendas de interés social ubicadas en la ciudad de San Luis Potosí, durante los momentos más extremos del año?
- ¿De qué manera se puede mejorar las condiciones de temperatura al interior de las viviendas de interés social en la ciudad de San Luis Potosí?
- ¿Cuáles son las estrategias de diseño bioclimático básicas para la climatización de edificaciones en la ciudad de San Luis Potosí?

1.3.4 Metodología empleada

La metodología empleada en esta investigación es de tipo descriptiva. El documento consiste, principalmente, en una caracterización térmica de distintos espacios monitoreados. Para este fin, se describe el clima del emplazamiento de las edificaciones de estudio; se describe y especifica las condiciones y estrategias de diseño bioclimático para evaluar los espacios de estudio; se registra y describe el comportamiento térmico (es decir, los valores y variaciones de temperatura) al interior de las edificaciones analizadas. Finalmente, se analiza e interpreta la información obtenida, en términos cuantitativos y cualitativos, con el fin de emitir un juicio claro sobre el comportamiento térmico de los casos de estudio para poder establecer recomendaciones que mejoren el desempeño térmico de los mismos.

Capítulo 2 - La vivienda de interés social en San Luis Potosí

2.1 Definición

Vivienda es aquella estructura destinada a albergar una familia o grupo social, con el fin de realizar la función de habitar, constituida por una o varias piezas habitables y un espacio para cocinar, y generalmente (sobre todo en el medio urbano) un espacio para baño y limpieza personal (CONAVI - Comisión Nacional de Vivienda , 2012).

La vivienda de interés social estaba definida en la Ley Federal de Vivienda como aquella cuyo valor, al término de su edificación, no excediera de la suma que resulte de multiplicar por diez el salario mínimo general elevado al año vigente en la zona que se trate. Posteriormente, la Alianza para la Vivienda (1995 - 2000) actualizó esta definición ampliando su rango a 15 salarios mínimos elevados al año (CONAVI - Comisión Nacional de Vivienda , 2012). Actualmente, de acuerdo con la Comisión Nacional de Vivienda, se considera como vivienda de interés social a aquellas de tipo básico (cuenta con una superficie de construcción de hasta 30 m) y social (tiene una superficie de construcción variable entre 31 y 45 m).

Para fines de esta investigación, se considera también como vivienda de interés social a la vivienda económica, que es aquella cuyo valor no exceda los 118 VSM (veces salario mínimo), lo que equivale aproximadamente a \$341,069.40 pesos (Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores, 2009 - 2011) y cuenta con una superficie de construcción variable entre 46 y 55 m (CONAVI - Comisión Nacional de Vivienda , 2012).

Este tipo de vivienda suele ser, generalmente, de carácter progresivo. De acuerdo con la Mtra. Elvira Maycotte (2005) la vivienda de interés social es una unidad básica de vivienda (UBV) cuyo diseño debe brindar la posibilidad de crecer progresivamente.

"En su primera etapa - la UBV - se busca que puedan cohabitar cuatro miembros de una familia y conforme aumenten los ingresos de ésta se tenga la posibilidad de ampliarla para que se adecue mejor a las necesidades, debiendo pasar por ello por la UBV + 1 -con una habitación adicional- y la UBV + 2 o vivienda objetivo -con dos habitaciones adicionales-. La imagen 1 muestra el proceso de crecimiento de la vivienda tipo económica, desde su primera etapa hasta la final" (Maycotte Pansza, 2005).

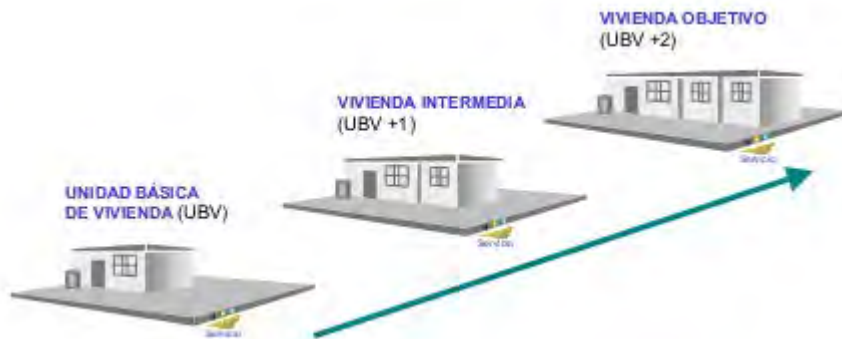


Imagen 1: Proceso de crecimiento de la vivienda tipo económico

Fuente: Comisión Nacional de Fomento a la Vivienda, CONAFOVI, vía (Maycotte Pansza, 2005)

2.2 Situación actual

"Hasta 170 mil viviendas es el déficit en San Luis Potosí" (El Pulso, San Luis, 2012). De acuerdo a estimaciones de la Comisión Nacional de Vivienda (2010) (CONAVI) al término del 2012 la necesidad de vivienda en el estado de San Luis Potosí ascenderá a 163,521 viviendas, de las cuales 93,279 son de vivienda nueva. La anterior cifra es el déficit acumulado del 2006 al 2012.

En la capital del estado, proyecciones realizadas por el INVIES (Instituto de Vivienda del Estado) estimaron que a final del 2011 se tendría un déficit aproximado de 10,000 viviendas. Este mismo instituto (INVIES, 2012) reportó una entrega de 5,967 créditos para vivienda económica nueva. En resumen, la necesidad de espacios habitacionales estimada para el año 2011, en la capital del estado, ascendería a, aproximadamente, 15,967 viviendas. De acuerdo con el Instituto de Vivienda del Estado de San Luis Potosí (a través del director de dicho instituto), se requirieron de al menos 15,000 nuevas viviendas para atender la demanda los ciudadanos de la capital potosina en el año 2011 (GlobalMedia, San Luis, 2011). Las estimaciones para el año 2012 son similares. Según proyecciones realizadas por la Comisión Nacional de Vivienda, en el año 2012 habrá una necesidad de viviendas similar a la presente durante el 2011 y una necesidad total acumulada, durante el periodo 2006 - 2012, de 37,909 viviendas (CONAVI - Comisión Nacional de Vivienda, 2010).

2010	Marzo 2011	Junio 2011	Septiembre 2011	Diciembre 2011	Meta Diciembre
6,380	1,104	3,205	4,425	5,967	6,000
Unidad de Medida: Crédito(s)					

Fuente: INFONAVIT, Hipotecaria Nacional, FOVISSSTE, BANJERCITO

Tabla 1: número de créditos otorgados en vivienda económica
Fuente: (INVIES, 2012)

Las necesidades de vivienda, generadas por el incremento demográfico en la ciudad de San Luis Potosí, son elevadas. Para reducir este déficit de vivienda, el gobierno estatal, con participación del Instituto de Vivienda del Estado y de la Comisión Nacional de Vivienda, "ha creado un convenio para simplificar y reducir los trámites relacionados con el otorgamiento de permisos para la realización de desarrollos habitacionales. Así mismo facilita los trámites que deben cumplir los interesados para adquirir una vivienda" (El Sol de San Luis, 2011). Dicho convenio pretende mitigar el ya mencionado déficit de vivienda que se presenta a nivel estatal. En consecuencia, la producción de vivienda de interés social será muy elevada.

En conclusión, la necesidad de espacios habitacionales de interés social es elevada (al igual que en el resto del país) y para satisfacer esta necesidad se busca construir la mayor cantidad de viviendas, en el menor tiempo posible.

2.3 Tipología de vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí

Actualmente son varios los grupos desarrolladores que se dedican (ya sea de forma exclusiva o como parte de su catálogo de trabajo) a la construcción de vivienda económica. Al momento de la creación de este documento, son 12 las constructoras y 29 los conjuntos habitacionales que dichos grupos desarrollan.

Esta diversidad en constructoras y desarrollos habitacionales ocasiona que la variedad en prototipos de vivienda económica sea relativamente elevada (imagen 2). Se presentan diferencias entre los materiales que se emplean para su construcción (block de concreto o ladrillo de barro rojo recocido), en la distribución y disposición de espacios, entre los colores que emplea cada grupo constructor y, desde luego, diferencia entre elementos estéticos, que se emplea en cada prototipo (p. ej. pequeños volados, empleo de teja en algunos elementos, diferencia en los aplanados exteriores, etc.).



Imagen 2: ejemplo de la variedad de prototipos entre los distintos desarrolladores

Fuente: catálogo realizado por el autor

La mayoría de las constructoras presenta, también, propuestas de vivienda económica que varían en cantidad de metros cuadrados construidos. Se tiene así que los grupos desarrolladores presentan prototipos que tienen de una a tres habitaciones, generalmente siguiendo un esquema de crecimiento que se apega al modelo de la Unidad de Vivienda Básica (UVB, UVB+1 y UVB +2). Es decir, parten de un "núcleo" al que adhieren las habitaciones adicionales (imagen 3).



Imagen 3: ejemplo de prototipos, y esquema de crecimiento, ofertados
Fuente: catálogo desarrollado por el autor

Sin embargo, y debido a las características propias de este tipos de vivienda, no existe un margen muy amplio para el diseño y la variación de las viviendas. El lote de terreno estándar es de 90 m , la mayoría de los prototipos comparten la misma altura promedio interior (2.4 m.) y muy pocas viviendas presentan variaciones significativas en las dimensiones de los espacios. Se realizó un registro y catálogo de los principales grupos desarrolladores, así como de los prototipos que emplean, y se concluyó que, a pesar de las diferencias y elementos característicos de cada desarrollador, la mayoría de los prototipos de vivienda se apega a un número limitado de esquemas de funcionamiento y distribución espacial.

2.3.1 Esquemas de funcionamiento y distribución

A pesar de la variedad que pudiese suponer la cantidad de desarrolladores de vivienda económica, ésta no es tanta. La mayoría de los prototipos ofertados se apegan a tres esquemas de funcionamiento y distribución espacial distintos. Cada uno de estos esquemas ofrece una posibilidad de crecimiento predeterminada que sigue al modelo de la UVB estándar. Esto facilita clasificar la oferta de vivienda económica en grupos, así como acotar la cantidad de variantes para la selección de los casos de análisis para el desarrollo de esta investigación.

Esquema 1

El primer módulo consiste en una habitación de usos múltiples (sala – comedor), orientada en sentido vertical, que es rematada por los servicios del habitáculo. Adosado a un costado del área de usos múltiples, se encuentra una habitación. El crecimiento de este módulo se presenta en dos etapas. La primera consiste en expandir el área de habitación. La segunda etapa consiste en agregar otra habitación en el otro extremo del área común.

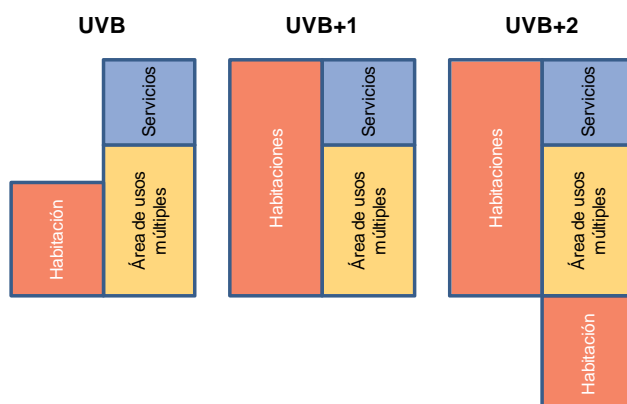


Imagen 4: Esquema de funcionamiento 1

Esquema 2

El esquema consiste en un área de usos múltiples orientada en sentido vertical. Tiene en un extremo un espacio dormitorio y adosado a un costado, a lo largo del área de usos múltiples, los espacios de servicios. En cuanto a su crecimiento, el esquema sólo admite la posibilidad de ampliar, en su eje vertical, al otro extremo del área de usos múltiples, para obtener una segunda habitación.

Este modelo se emplea principalmente cuando el lote de la vivienda es más pequeño, o cuando se trata de viviendas de tipo dúplex. El módulo presenta la desventaja de que su crecimiento es limitado.

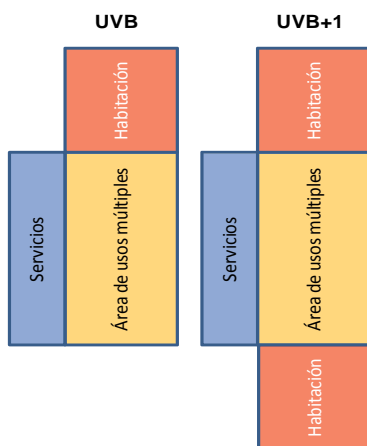


Imagen 5: Esquema de funcionamiento 2

Esquema 3

El tercer esquema es sencillo y compacto. Este módulo está conformado por un área de usos múltiples orientada en sentido horizontal y tiene adosados, en el sentido longitudinal de dicho espacio, las áreas de habitación y servicios. El crecimiento de este módulo se extiende a dos etapas.

En la primera se adosa un espacio al frente del módulo (extremo libre del área de usos múltiples) opuesto a la primera habitación. En la segunda etapa, se extiende el área de habitaciones original. El orden de dicha expansión puede presentarse de forma inversa, es decir, que primero se extiende el área de habitaciones original y después se agrega el tercer espacio al frente del prototipo.

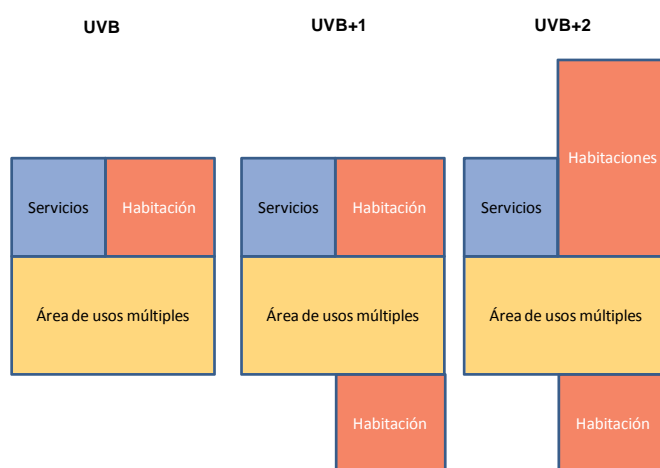


Imagen 6: esquema de funcionamiento 3

De los tres módulos presentados el más empleado, por los grupos desarrolladores de vivienda económica, es el primero. Este esquema dispone los espacios de forma ordenada y presenta un crecimiento claro de la vivienda en cuestión. Sin embargo, es necesario señalar que este es un esquema básico de distribución espacial y de funcionamiento. La vivienda, de forma real, puede presentar algunas diferencias con respecto al esquema de funcionamiento al que corresponde.

2.4 Antecedentes de bioclimatización en viviendas de interés social

Las medidas que se han tomado para solucionar la necesidad de vivienda en la ciudad de San Luis Potosí, únicamente cubren el aspecto cuantitativo de esta problemática y han dejado de lado, prácticamente por completo, el aspecto cualitativo de la misma. La vivienda de interés social carece de consideraciones básicas de habitabilidad, bienestar y comodidad para sus habitantes. De acuerdo con la Comisión Nacional de Vivienda (2008), "en materia de calidad de vida de la población, las características cualitativas de la habitación y de su entorno son tanto o más importantes que el hecho de disponer de una vivienda". Es decir, en realidad no se está aportando una solución real a la problemática de la vivienda económica en la capital del estado de San Luis Potosí.

"La adecuación bioclimática de las construcciones permite, mediante acciones de proyectar y construir considerando la interacción de los elementos meteorológicos con la envolvente de la edificación, que sea esta misma la que regule los intercambios de materia y energía con el medio ambiente y propicie la sensación de bienestar térmico y anímico del ser humano en interiores. La adecuación bioclimática permite, mediante diseño puro, la optimización de las construcciones para hacerlas compatibles con el clima y los requerimientos de bienestar térmico. Las recomendaciones bioclimáticas, en la mayoría de los casos, no cuestan o cuestan muy poco aplicarlas. Aplicando criterios y recomendaciones sensatas, la adecuación bioclimática es la primera alternativa tendiente a la climatización natural de las edificaciones, que permite la conservación de las energías no renovables y el aprovechamiento del sol y el viento.

Las viviendas diseñadas bajo las recomendaciones bioclimáticas respectivas, tienden a regular por sí mismas, los niveles térmicos idóneos para el bienestar de sus ocupantes.

Las ventajas que resultan de la aplicación de estas recomendaciones, no solamente contribuyen al bienestar térmico de los derechohabientes, sino también repercuten en la disponibilidad de un ambiente más saludable, anímicamente más estimulante y que permite ahorros, tanto en energía como económicos al aprovechar de manera simple y sensata del sol, del viento y las propiedades termofísicas de los materiales de construcción convencionales." (Hernandez H., 1984)

El texto anterior, extraído de la memoria del tercer seminario internacional PLEA (1984), presenta de forma clara y sucinta las ventajas inherentes a la aplicación de estrategias de diseño bioclimático a la vivienda. Las viviendas de interés social, actualmente, carecen completamente de consideraciones de diseño bioclimático, lo cual reduce considerablemente su habitabilidad y el índice de bienestar que éstas le ofrecen a sus usuarios. La aplicación de estrategias de bioclimatización en la vivienda económica mejoraría las condiciones de confort y habitabilidad presentes en este tipo de edificaciones. "Los beneficios que se obtienen en aspectos de salud, bienestar, ecológicos y económicos, hacen impostergable el aprovechamiento del potencial que presenta el proceso de adecuación bioclimática y los sistemas pasivos de climatización" (Hernandez H., 1984).

Vivienda bioclimática en San Luis Potosí

En 1980 se inició el "Programa Piloto Sobre el Aprovechamiento de la Energía Solar en la Vivienda INFONAVIT" (Hernandez H., 1984), proyecto conjunto entre la UNAM y el INFONAVIT. Este programa consistió en la construcción de prototipos de vivienda que integraban estrategias de diseño bioclimático en su concepción para optimizar los diseños arquitectónicos de las viviendas de interés social de tal forma que proporcionasen confort térmico a los habitantes de las mismas.

Al inicio de este programa, se construyeron seis prototipos en distintos estados del país, en tres zonas climatológicamente representativas del país. Dos de estos prototipos se construyeron en la ciudad de San Luis Potosí (dos más se construyeron en Ciudad Cuauhtémoc, Chihuahua y los restantes se construyeron en La Paz, Baja California Sur). Debido a la naturaleza experimental de dicho programa, cada prototipo se construyó con sistemas de climatización distintos, con el fin de determinar diseño, la mejor propuesta, con base en los resultados obtenidos del desempeño de cada prototipo.

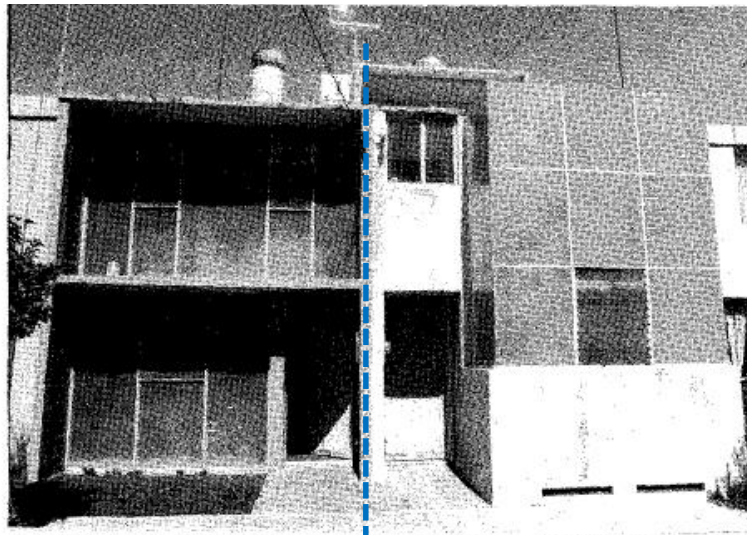


Imagen 7: prototipos de vivienda bioclimática de interés social en San Luis Potosí
Fuente: (Hernandez H., 1984)

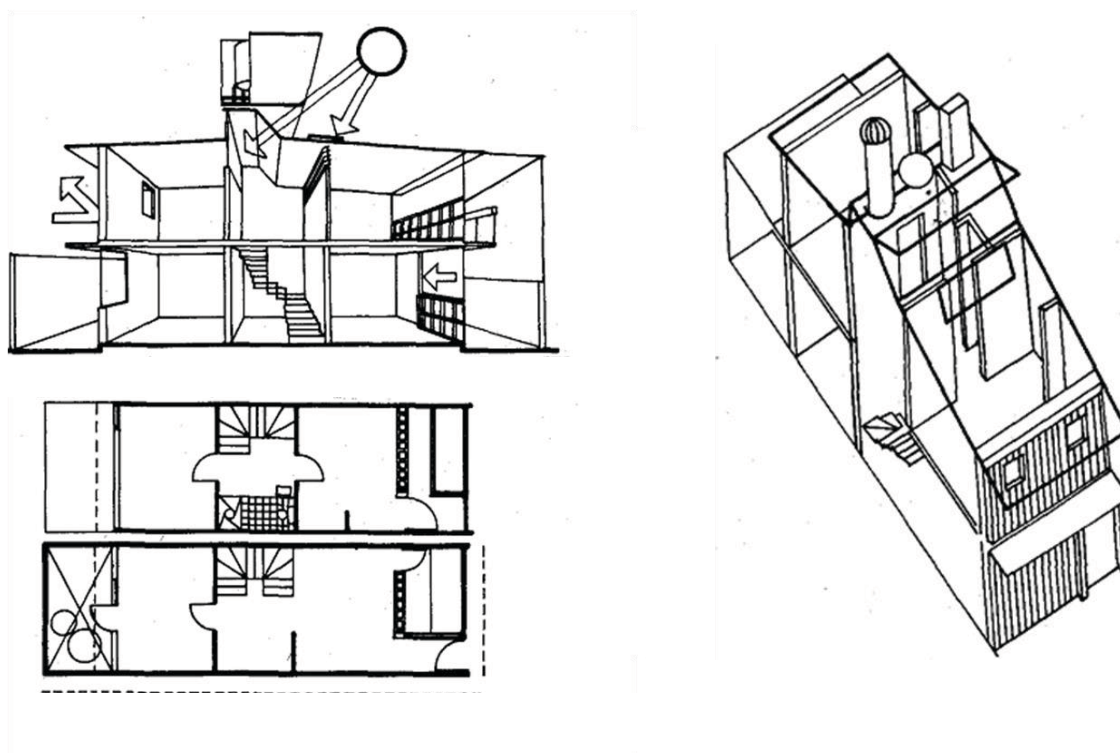


Imagen 8: Sección y plantas de prototipo 1 (izq.) y axonométrico de prototipo 2 (der.)
Fuente: (Hernandez H., 1984)

Tal como se presenta en el reporte "Experiencias y potencial de las tecnologías ecológicas de climatización y sistemas pasivos en la vivienda de interés social en México" (1984), el comportamiento térmico de los prototipos fue satisfactorio, de acuerdo al monitoreo que se realizó de los mismos y a la experiencia de los usuarios de dichos prototipos. Sin embargo, el experimento no impactó sobre el desarrollo de la vivienda de interés social en la localidad.

Sin embargo, el experimento no causó impacto sobre el desarrollo de vivienda de interés social. Por un lado, los resultados del experimento no fueron difundidos ampliamente y por otro, la creación de un prototipo nuevo significa un replanteamiento en el desarrollo de vivienda para los constructores de la misma, por lo que este tipo de propuesta no resulta atractiva para dichos desarrolladores.

En la actualidad, la vivienda de interés social tiene ciertos estándares (área del lote, metros cuadrados de construcción, entre otros) que resultan incompatibles con los prototipos experimentales del programa de optimización de vivienda INFONAVIT de 1984. Por ejemplo, la superficie de dichas propuestas bioclimáticas era de 73.0 m mientras que el estándar común (actualmente) es de 90 m . El principal problema radica en el volumen de construcción. Los prototipos experimentales se tratan de una vivienda objetivo (UVB+2) completamente terminada, mientras que el esquema actual en vivienda económica consiste en una unidad básica de vivienda (UVB) expandible por el usuario (UVB+1, UVB+2).

En conclusión, los prototipos experimentales del "Programa Piloto Sobre el Aprovechamiento de la Energía Solar en la Vivienda INFONAVIT" no son aplicables a la vivienda de interés social contemporánea, sin embargo, el análisis y las estrategias bioclimáticas que se emplean en dichos prototipos si resultan pertinentes.

2.5 Conclusiones

- La ciudad de San Luis Potosí presenta un déficit de vivienda elevado.
- Para satisfacer dicha necesidad de vivienda, se pretende incrementar el volumen de construcción de vivienda de interés social, con el fin de cubrir la demanda actual en la localidad.
- Debido a esta necesidad de construir el mayor número de viviendas en el menor tiempo, los grupos desarrolladores descuidan las condiciones de confort al interior de los espacios e ignoran por completo las condiciones climáticas presentes en la localidad en cuestión. Dichos grupos constructores descartan cualquier principio de diseño bioclimático en el diseño de sus prototipos de vivienda económica.
- La ciudad de San Luis Potosí ya ha sido partícipe de intentos de crear vivienda de interés social con principios de diseño bioclimático. Sin embargo, los prototipos creados no han impactado en la creación de este tipo de vivienda, por lo que aún se construyen viviendas de interés social sin ningún principio de bioclimatización.
- La aplicación de estrategias de diseño bioclimático a la vivienda de interés social mejoraría considerablemente las condiciones de habitabilidad de dichos espacios, incrementando el bienestar de los usuarios que los habitan.

Capítulo 3 - Clima en la ciudad de San Luis Potosí

3.1 Ubicación geográfica

La ciudad de San Luis Potosí se encuentra localizada a los 22°09' latitud norte y a los 100°58' longitud oeste. La ciudad está ubicada en el municipio de San Luis Potosí, en una planicie a una altura promedio de 1860 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra delimitada, en el rango noroeste - sur, por la sierra de San Miguelito y al oriente por el municipio de Soledad de Graciano Sánchez (imagen 9).

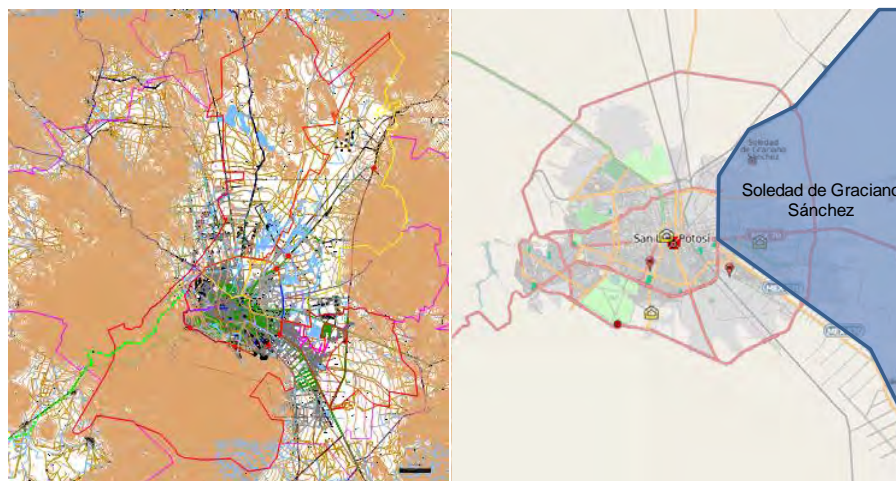


Imagen 9: Situación geográfica de la ciudad de San Luis Potosí
Fuente (izquierda): Dirección general de geografía, "Carta Topográfica"
Fuente (derecha): sitio web

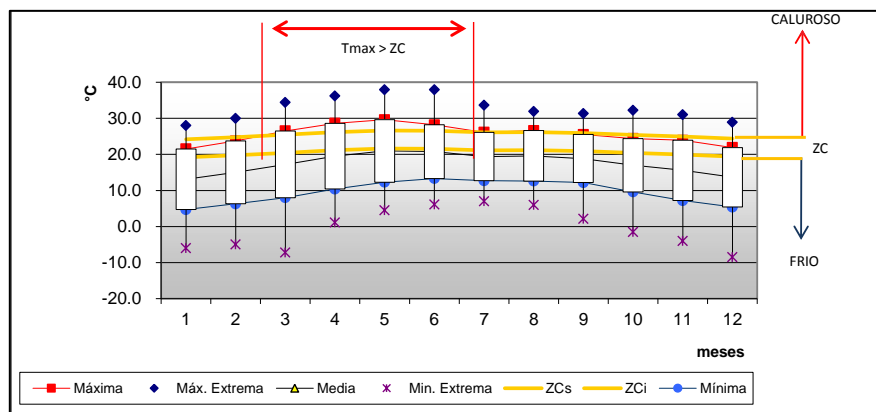
Debido a que se presenta una conurbación entre la ciudad de San Luis Potosí y el municipio de Soledad de Graciano Sánchez, la mancha urbana abarca también parte de dicho municipio. La zona metropolitana actualmente comprende la ciudad cabecera, tres delegaciones (La Pila, Vila de Pozos y Bocas), parte del municipio de Soledad de Graciano Sánchez y del municipio de Villa de Reyes (INEGI, 2010).

3.2 Condiciones climáticas presentes en la ciudad de San Luis Potosí

En la ciudad de San Luis Potosí se presenta un clima semifrío-seco extremoso. La temperatura media anual es de 17.6 °C; la temperatura media del mes más caluroso es de 21 °C, en mayo, y la temperatura media del mes más frío es de 13.1 °C, en el mes de enero. Durante todo el año, las madrugadas y las mañanas son frías, mientras que al mediodía y durante la tarde las temperaturas que se presentan son templadas, salvo en la primavera y el verano, que excede los límites de confort. La precipitación media anual es de 367.4 mm, por lo que se le puede considerar un clima seco. Se presenta la temporada de lluvias entre el mes de junio y hasta el mes de septiembre, con presencia de canícula en el mes de agosto. La radiación solar es elevada de marzo a mediados de septiembre. La radiación solar directa es adecuada de finales de mayo hasta el mes de septiembre. El resto del año, la radiación solar es baja (Zayas, 1983). El índice de nubosidad es relativamente estable a lo largo del año. Los meses con mayor nubosidad corresponden al periodo de lluvias y la cantidad de días despejados es prácticamente la misma en todos los meses del año. Los vientos dominantes provienen del rango noreste – sureste. Durante los meses enero, febrero, marzo y abril, los vientos provienen del rango oeste – suroeste. De lo anterior se obtiene que el clima presente en la ciudad de San Luis Potosí es de tipo seco extremoso, tipo gangas, y presenta canícula en su periodo de lluvias. Los datos climáticos empleados para este análisis fueron obtenidos de las normales climatológicas registradas por la estación 00024069 del Servicio Meteorológico Nacional (SMN).

3.3 Análisis paramétrico

Temperatura



Gráfica 1: Diagrama de temperatura anual

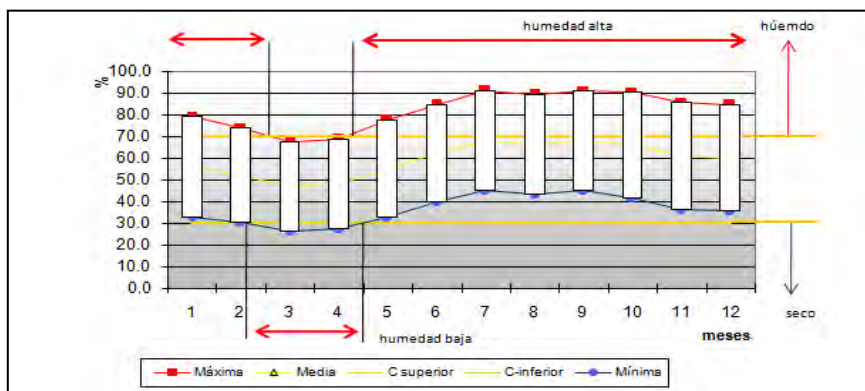
Fuente: Creada con hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

La temperatura anual de confort es de 23 °C, con un rango aceptable de entre 20.5 °C y 25.5 °C. La temperatura media anual es de 17.6 °C; la temperatura media del mes más caluroso es de 21 °C, en mayo, y la temperatura media del mes más frío es de 13.1 °C, en el mes de enero. Esto quiere decir que las temperaturas medias y las mínimas se encuentran por debajo de la zona de confort, salvo durante el mes de mayo. Las temperaturas máximas, en la primavera y el verano se encuentran por encima de la zona de confort; el resto del año están dentro de un rango aceptable de confort.

Durante todo el año, las madrugadas y las mañanas son frías, mientras que al mediodía y durante la tarde las temperaturas que se presentan son templadas, salvo en la primavera y el verano, que excede los límites de confort.

El 64% del tiempo, a lo largo del año, se cuenta con condiciones frías, el 26% se tienen condiciones de confort y el 10% con condiciones de calor. La oscilación de temperatura anual es de 7.9 °C y la oscilación diaria promedio anual es de 16 °C.

Humedad



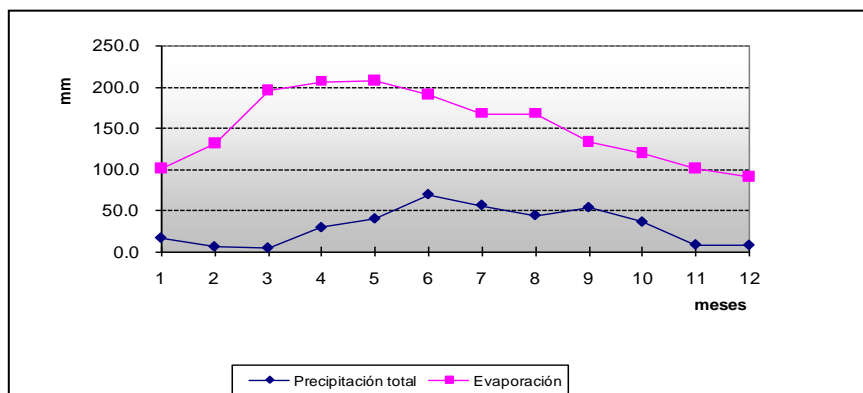
Gráfica 2: Diagrama de humedad anual

Fuente: Creada con hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

El rango de confort de humedad se encuentra entre 30% y 70%. En la ciudad de San Luis Potosí la humedad relativa media anual es de 59.1% con una oscilación máxima del 21%. Se puede observar en la gráfica que, durante casi todo el año, los valores mínimos de humedad se encuentran dentro del rango de confort, a excepción de un periodo que abarca de mediados de febrero hasta mayo. Los valores máximos de humedad generalmente sobrepasan el rango de confort, menos en marzo y abril.

Durante el año, el 31% del tiempo hay valores que exceden el rango de confort; el 66% se encuentra en condiciones de confort y sólo el 3% del tiempo se encuentra bajo del rango recomendado de confort.

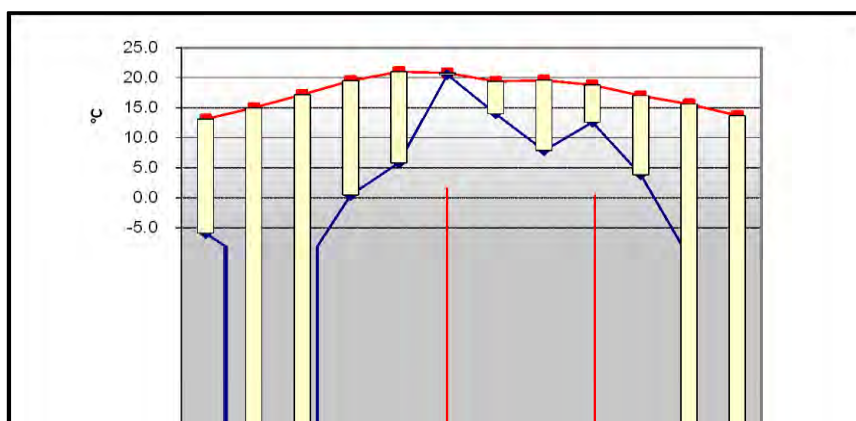
Precipitación



Gráfica 3: Diagrama de precipitación anual

Fuente: Creada con hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

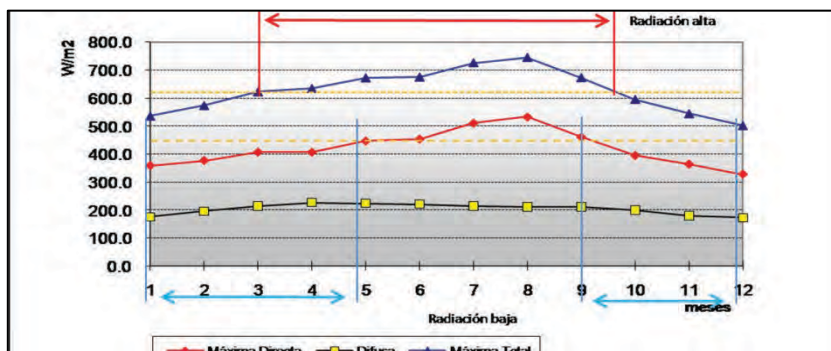
La precipitación media anual es de 367.4 mm, por lo que se le puede considerar un clima seco. Se presenta la temporada de lluvias entre el mes de junio y hasta el mes de septiembre, con presencia de canícula en el mes de agosto. Como se muestra en la gráfica, la precipitación pluvial es muy baja en la localidad en cuestión y nunca llega a superar el índice de evaporación.



Gráfica 4: Índice ombrotérmico

Fuente: Creada con hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

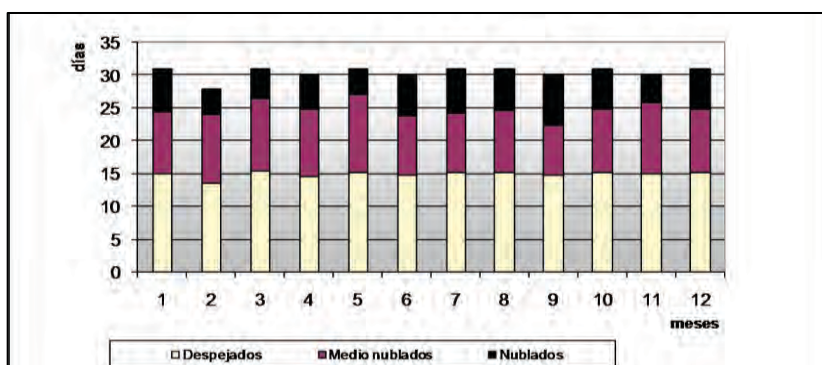
Radiación solar y nubosidad



Gráfica 5: Radiación solar anual

Fuente: Creada con hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

La radiación solar es elevada de marzo a mediados de septiembre. La radiación solar directa es buena de finales de mayo hasta el mes de septiembre. El resto del año, la radiación solar es baja.

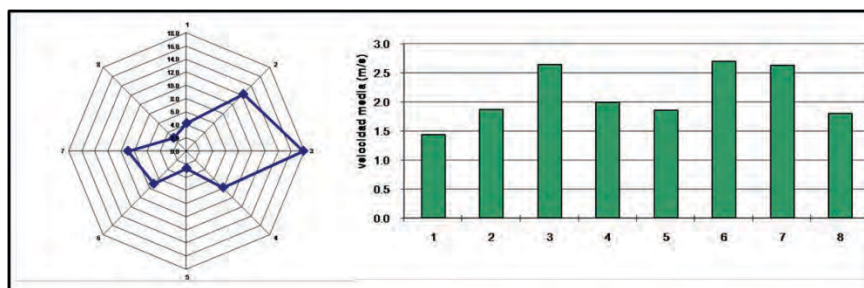


Gráfica 6: Índice de nubosidad anual

Fuente: Creada con hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

Se puede observar en la gráfica que el índice de nubosidad es relativamente estable a lo largo del año. Los meses con mayor nubosidad corresponden al periodo de lluvias. La cantidad de días despejados es prácticamente la misma en todos los meses del año.

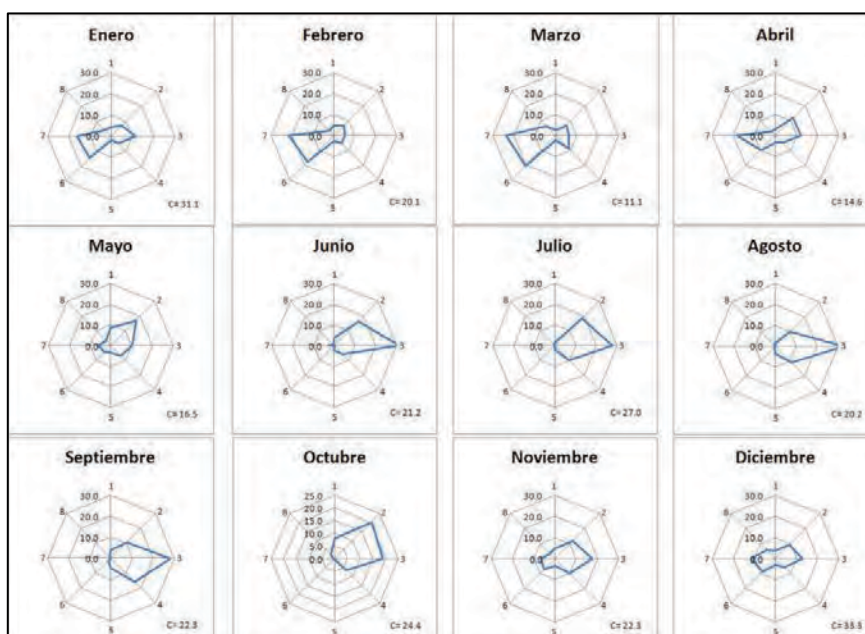
Viento



Gráfica 7: Frecuencia e intensidad del viento, diagrama anual

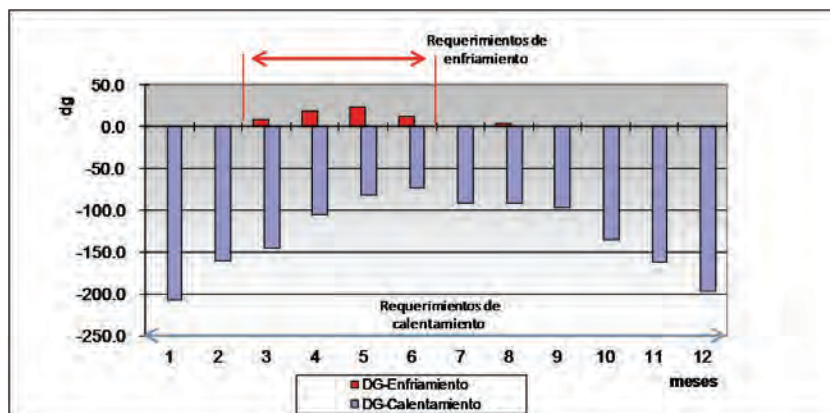
Fuente: Creada con hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

Los vientos dominantes provienen del rango noreste – sureste. El 17.9% del viento proviene del este. El 12.3% del noreste y el 7.9% del sureste. Durante los meses enero, febrero, marzo y abril, los vientos provienen del rango oeste – suroeste. La velocidad promedio del viento es de 2.1 m/s. La velocidad máxima promedio es de 5.7 m/s, durante el mes de febrero. La velocidad máxima diaria puede alcanzar hasta 7m/s.



Gráfica 8: Frecuencia e intensidad de los vientos, diagramas mensuales

Días grado



Gráfica 9: Días grado, gráfica anual

Fuente: Creada con hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

Los días grado se pueden definir como un índice de requerimientos de enfriamiento o calentamiento para alcanzar una zona de confort. EL cálculo de grados-día se puede hacer con respecto a una zona de confort general (comprendida entre 18 y 26 °C) o bien con base en la zona de confort local anual (20.5 y 25.5 °C) o mensual.

En la gráfica se puede apreciar que durante todo el año se presentan requerimientos de calentamiento, en particular durante las madrugadas y las mañanas. Durante los meses de marzo , abril, mayo y junio, meses más cálidos del año, existe un requerimiento de enfriamiento.

Mayo es el mes más cálido, con un temperatura media de 21°C y una máxima promedio de 29.6°C. En este mes se presentan 23.2 DG de enfriamiento. El mes más frío corresponde a enero, con una temperatura media de 13.1°C y una temperatura mínima de 4.7°C. Este mes presenta un total de 206 DG de calentamiento.

3.4 Descripción y análisis solar, orientación óptima para vivienda de interés social en la ciudad de San Luis Potosí

El análisis solar de la localidad se realiza, principalmente, con el propósito de determinar la orientación adecuada de las edificaciones. Para el fin de esta investigación, habrán de compararse las orientaciones presentes en las viviendas de interés social a analizar con la orientación óptima, resuelta en este apartado. Los datos presentes en el análisis solar fueron calculados, a partir de la latitud de la locación, mediante la hoja de cálculo desarrollada por el Dr. Victor Armando Fuentes Freixanet, de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.

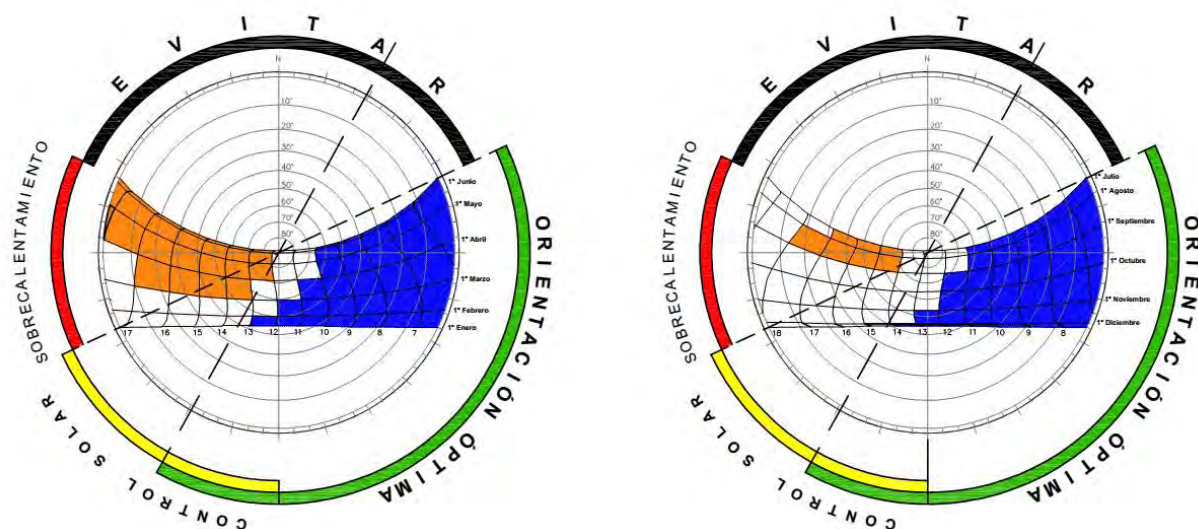
Análisis solar

La posición del Sol y ángulos solares están determinados por la latitud del lugar ($22^{\circ} 12'$). En los equinoccios el Sol sale a las 6:00 por el Este y se oculta a las 18:00 por el Oeste (hora solar). En el solsticio de verano (21 de Junio) el Sol sale a las 5:38 horas (hora solar) y se oculta a las 18:41 horas con un acimut de $115^{\circ} 0'$ a partir del sur; mientras que en el solsticio de invierno (21 de diciembre), sale a las 6:41 y se oculta a las 17:19 con un acimut de $65^{\circ} 04'$ a partir del sur.

El 21 de diciembre la altura solar a las 12 del día es de $46^{\circ} 21'$ hacia el sur; el Sol pasa por el cenit a las 12 horas aproximadamente los días 18 de mayo y 27 de julio; el 21 de junio a las 12 del día el Sol tendrá una altura de $88^{\circ} 45'$ hacia el norte.

Proyección solar estereográfica

Este diagrama tiene varios usos. El primero, visualizar de forma clara los momentos de confort e incomodidad a lo largo del año y en las horas del día en que se presenten dichos momentos. También ayuda a determinar la mejor orientación para el proyecto y el diseño de dispositivos de control solar.



Gráfica 10: Proyección estereográfica
Fuente: Desarrollada por el autor, base Ecotect.

Puede observarse en la gráfica, que durante todo el año existen condiciones de bajo calentamiento durante las mañanas, por lo que se recomienda la ganancia solar directa en estos momentos. Se presentan horas de sobrecalentamiento durante las tardes en primavera y el verano, por lo que se recomienda evitar radiación solar directa en estas horas.

Las franjas de color que circundan los diagramas representan distintas condiciones en cuanto a orientación. La franja verde, correspondiente al rango de orientaciones este - sursureste, presenta una orientación óptima de los espacios. En esta orientación se obtienen ganancias solares directas, sin la necesidad de dispositivos de control solar.

A partir de la orientación sur y hasta el suroeste (representado en la gráfica como el anillo amarillo alrededor del diagrama) es necesario el manejo de dispositivos de control solar, para evitar el exceso de ganancias solares y, con éstas, el sobrecalentamiento de los espacios. Bien controlada, esta orientación también resulta benéfica para las edificaciones. La orientación poniente (sección roja en la gráfica) habrá de utilizarse únicamente para almacenar calor. No debe de existir aberturas orientadas hacia el oeste, ya que genera sobrecalentamiento en los espacios. La orientación norte deberá ser evitada, puesto que sólo propicia pérdidas de calor almacenado en los espacios; esta es la orientación más desfavorable para cualquier proyecto situado en la ciudad de San Luis Potosí.

Una buena orientación de proyecto se encuentra en el rango sur-sureste / este - sureste, con protección solar al sur para evitar sobrecalentamiento durante las tardes, en particular durante primavera y verano. De forma ideal, los espacios de uso diurno deberían estar localizados en el rango este – sur. Los espacios de uso nocturno, ubicados hacia el rango oeste – suroeste con vanos hacia el sur y ganancia indirecta del oeste. Espacios de servicio ubicados hacia el norte.

Capítulo 4 Bioclima en la ciudad de San Luis Potosí

A partir de la temperatura media anual se calcula la temperatura neutra de confort que, para la ciudad de San Luis Potosí, es de 23 °C, con lo cual el rango de confort se establece entre 20.5 °C y 25.5 °C. Todo el año se está fuera de confort durante las noches y las mañanas, con requerimientos de calentamiento introduciendo una energía de entre 210 y 420 W/m². Este calentamiento puede lograrse de forma pasiva de los meses de mayo a septiembre y mediante la masa térmica de los materiales. Durante los meses de abril y octubre, es necesaria la incorporación de sistemas activos de calefacción. Durante las horas más frías de noviembre, diciembre, enero y febrero, se requiere de sistemas de calefacción convencional. Sin embargo, el tiempo que se presentan estas condiciones es breve, por lo cual no es necesaria la incorporación de dichos sistemas de calefacción. En las tardes generalmente se presentan condiciones de confort, excepto en los meses de abril a agosto, en los cuales existen condiciones de sobrecalentamiento. Estas condiciones pueden solucionarse con la masividad de los materiales y/o un mínimo de ventilación natural con velocidades de entre 0.3 y 0.5 m/s. No se requiere acondicionamiento artificial del aire. Los datos presentados fueron obtenidos mediante el empleo de las siguientes herramientas: diagrama bioclimático (Victor Olgyay), el diagrama psicrométrico (siguiendo la metodología de Michael Docherty y Steven V. Szokolay), gráfica de triángulos de confort (John Martin Evans), tablas de Mahoney y el formato de cálculo creado por el Dr. Victor Fuentes Freixanet con modificaciones realizadas por el autor de este documento y, posteriormente, por el Arq. Julio Rincón Martínez.

4.1 Análisis bioclimático

Confort

La temperatura neutra de confort que, para la ciudad de San Luis Potosí, es de 23°C, con lo cual el rango de confort se establece entre 20.5 °C y 25.5 °C. un rango confortable, en cuanto a humedad relativa, se sitúa entre 30% y 70%.

Análisis de confort y estrategias básicas de diseño - tablas de Mahoney

Los índices de Mahoney analizan de manera integrada los datos de temperatura, humedad y precipitación a partir de sus propios rangos de confort. De acuerdo a los indicadores de Mahoney se recomienda:

- **Distribución:** Concepto de patio compacto
- **Espaciamiento:** Configuración compacta
- **Ventilación:** No requerida
- **Tamaño de las aberturas:** muy pequeñas 10 – 20 %
- **Protección de las aberturas:** Sombreado total y permanente
- **Muros y pisos:** masivos, arriba de 8 horas de retardo térmico.
- **Techumbres:** masivos, arriba de 8 horas de retardo térmico.

Distribución				1				1	
					1		1	2	Concepto de patio compacto
Espaciamento								3	
	1						1	5	Configuración compacta
Ventilación								6	
	1	1		1				7	
							1	8	Ventilación NO requerida
Tamaño de las Aberturas						1		9	
								10	
								11	
					1		1	12	Muy Pequeñas 10 - 20 %
				1				13	
Posición de las Aberturas								14	
	1			1				15	
Protección de las Aberturas						1	1	16	Sombreado total y permanente
								17	
Muros y Pisos				1			1	18	
								19	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Techumbre				1				20	
	1							21	
				1			1	22	Masivos -Arriba de 8 h de retardo térmico
Espacios nocturnos exteriores								23	
								24	

Tabla 2: Indicadores de Mahoney

Fuente: Formato desarrollado por el Dr. Víctor Armando Fuentes Freixanet

Respecto a los indicadores de Mahoney, existe un punto que resulta inválido en determinadas temporadas estacionales. Sobre ventilación natural, las tablas arrojan que no es requerida. Sin embargo, durante las temporadas cálidas del año, en las tardes se observa un sobrecalentamiento. Estos requerimientos de enfriamiento pueden ser resueltos mediante la masividad (recomendado en los indicadores de Mahoney), sin embargo, también puede ser resuelto mediante la aplicación de ventilación natural en los espacios. Por la naturaleza de las edificaciones que este documento aborda (vivienda de interés social) la masividad de los materiales y el aprovechamiento de su masa térmica puede no ser una opción viable. Es por esto que se recomienda que sí se emplee ventilación natural, contrario a lo que los indicadores de Mahoney nos recomiendan.

Triángulos de confort de Evans

Los triángulos de confort relacionan la temperatura media con la oscilación térmica. El primer diagrama de los triángulos de confort de Evans (imagen 10), presentan 4 grupos de confort pertinentes a cuatro tipos de actividad. La zona de confort "A" indica confort para actividad sedentaria. La zona "B" indica confort para dormir. Los últimos grupos, "C" y "D", indican confort para una actividad de circulación, siendo en el caso de la zona "C" circulación interior y exterior para "D".

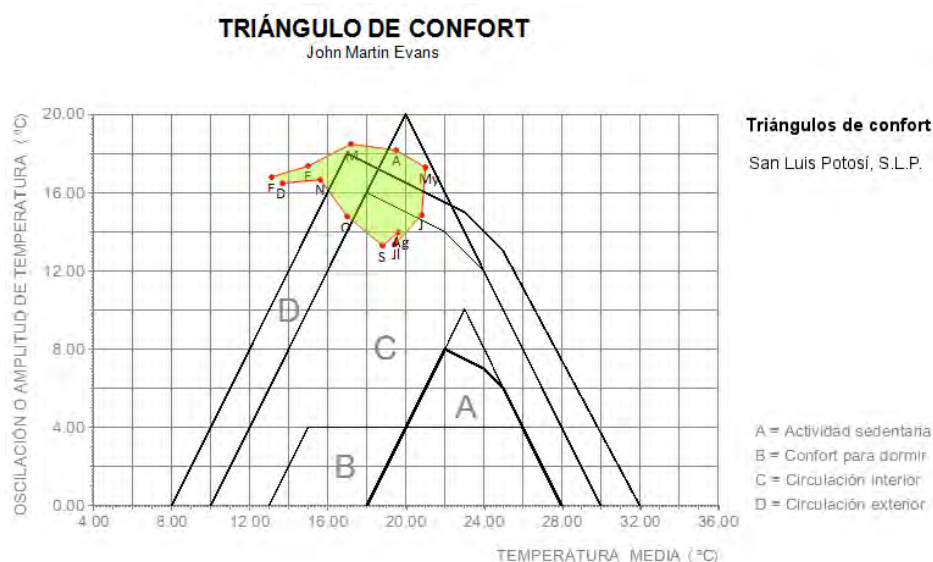


Imagen 10: Triángulos de confort, actividades recomendadas por grupo

Fuente: Formato de cálculo desarrollado por el Mtro. Julio Rincón

De acuerdo con los triángulos de confort, los meses de enero a marzo, noviembre y diciembre se encuentran fuera de confort para cualquier tipo de actividad. De abril a septiembre, sólo se presenta confort para cualquier tipo de circulación (interior y exterior) y octubre únicamente para circulación exterior. Durante todo el año se encuentra fuera de condiciones de confort para cualquier tipo de actividad sedentaria.

El segundo diagrama de los triángulos de confort (imagen 11) muestra estrategias bioclimáticas generales para alcanzar confort al interior de los espacios. Éstas son, y de acuerdo a las zonas presentes en el diagrama: ventilación cruzada (zona 1); ventilación selectiva (zona 2); inercia térmica de los materiales (zona 3); ganancias de calor internas (zona 4); ganancias de calor mediante radiación solar directa (zona 5).

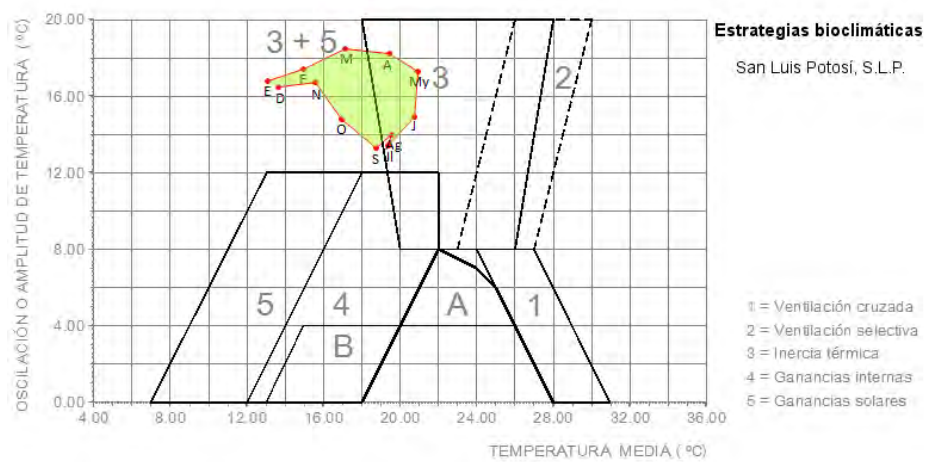


Imagen 11: triángulos de confort, diagrama de estrategias bioclimáticas

Fuente: Formato de cálculo desarrollado por el Mtro. Julio Rincón

De acuerdo a este diagrama, la principal estrategia bioclimática es la combinación de inercia térmica y ganancias de calor por radiación solar, durante los meses de enero a marzo y de septiembre a diciembre. Durante los meses de abril a agosto, basta con la inercia térmica de los materiales para alcanzar un estado de confort.

Diagrama bioclimático

El diagrama bioclimático relaciona la temperatura media con la humedad relativa. La gráfica muestra que todo el año se está fuera de confort durante las noches y las mañanas, con requerimientos de calentamiento introduciendo una energía de entre 210 y 420 W/m². En las tardes generalmente se presentan condiciones de confort, excepto en los meses de abril a agosto, en los cuales existen condiciones de sobrecalentamiento y se requiere de una ventilación con velocidades de entre 0.3 y 0.5 m/s.

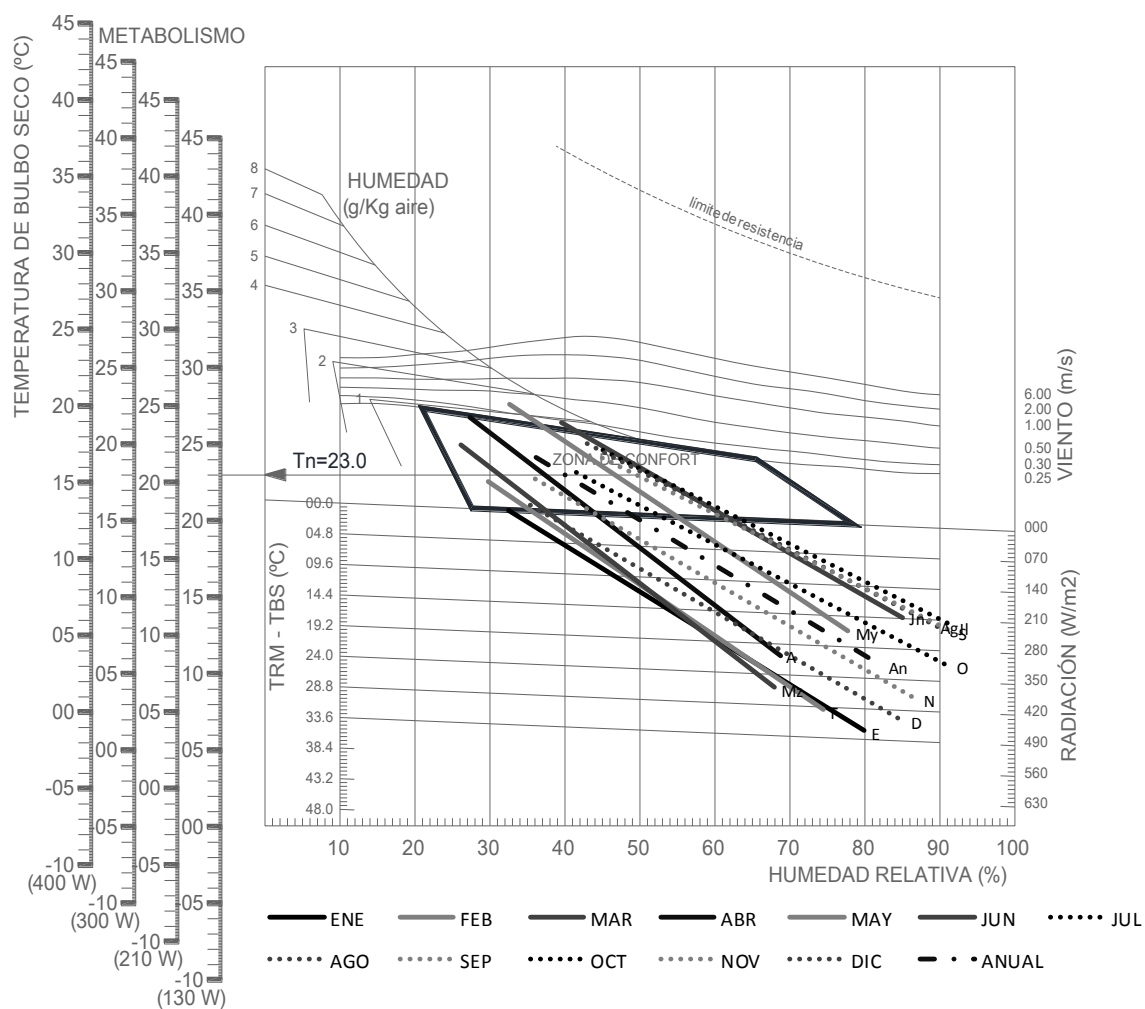


Imagen 12: Diagrama bioclimático anual para la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P.
Fuente: Herramienta de trabajo del laboratorio de diseño bioclimático, UAM Azcapotzalco

Diagrama psicrométrico

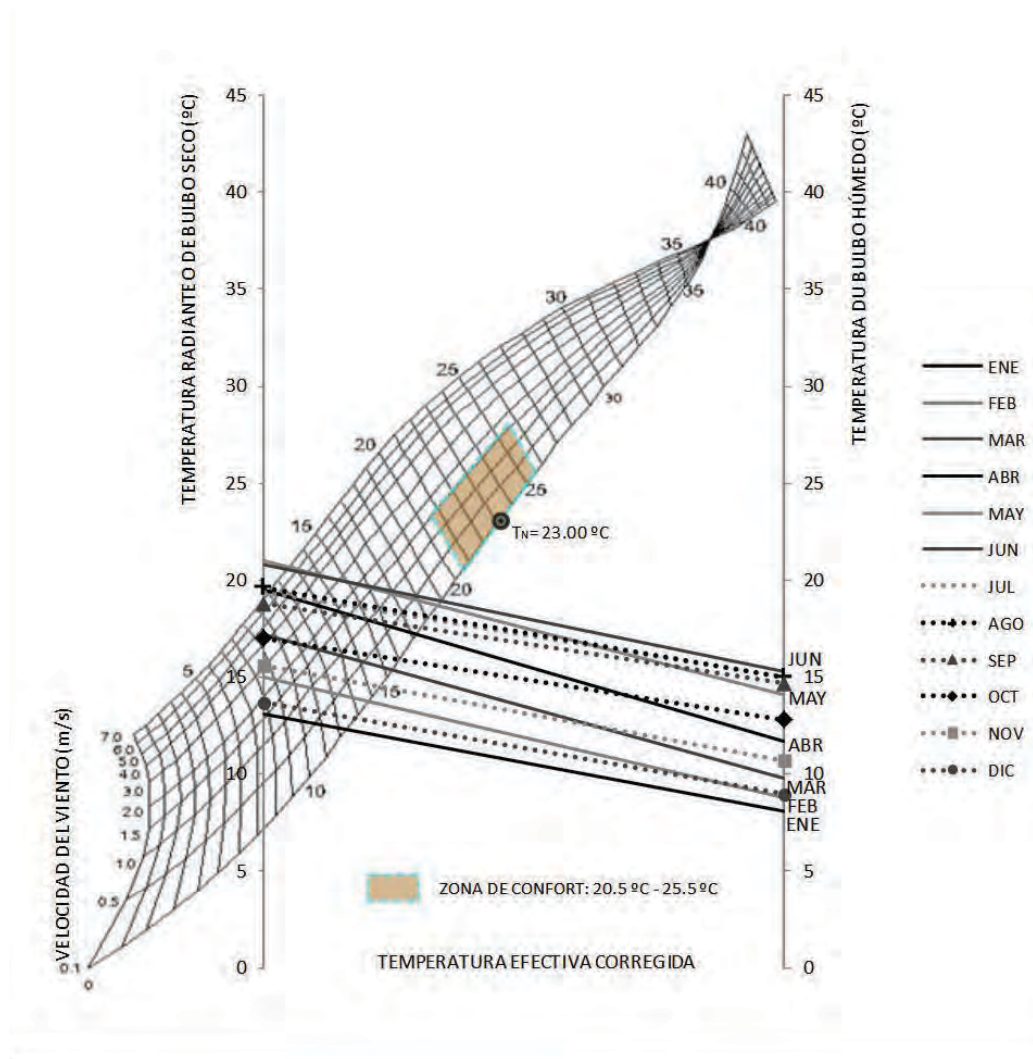
El diagrama psicrométrico muestra todas las variables del aire húmedo, incluyendo temperatura de bulbo seco, de bulbo húmedo, humedad relativa y absoluta, entalpía, etc. De acuerdo con este diagrama, durante todas las noches y mañanas del año se presentan condiciones fuera de confort, presentándose requerimientos de calentamiento. Este calentamiento puede lograrse de forma pasiva de los meses de mayo a septiembre y mediante la masa térmica de los materiales. Durante los meses de abril y octubre, es necesaria la incorporación de sistemas activos de calefacción. Durante las horas más frías de noviembre, diciembre, enero y febrero, se requiere de sistemas de calefacción convencional. Sin embargo, el tiempo que se presentan estas condiciones es breve, por lo cual no es necesaria la incorporación de dichos sistemas de calefacción. Durante todas las tardes del año se presentan condiciones de confort, excepto durante los meses de abril, mayo, junio, julio y agosto, que sobrepasan los límites de confort y existe un requerimiento de enfriamiento. Estas condiciones pueden solucionarse con la masividad de los materiales y/o un mínimo de ventilación natural. De acuerdo al diagrama, no se requiere acondicionamiento artificial del aire.

Diagrama de temperatura efectiva corregida

El diagrama de temperatura efectiva corregida relaciona la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo y al viento. Este diagrama muestra de qué forma se alteraría la percepción de temperatura según qué velocidad de viento está presente. Se han generado dos diagramas, uno tomando la temperatura máxima y otro la temperatura media.

Se puede observar en el diagrama que se tiene que tener cuidado con el viento. Aunque durante los meses más cálidos la acción del viento puede favorecer las condiciones de confort, considerando la temperatura media de cada mes resulta desfavorable. El valor medio de temperatura mensual se encuentra por debajo de la zona de confort, por lo que la acción del viento sólo empeora estas condiciones.

Para la temporada cálida se recomienda el uso de ventilación natural en las horas de sobrecalentamiento. Sin embargo, se debe de tener cuidado con el manejo de los vanos, puesto que en las horas de bajo calentamiento resulta perjudicial la acción del viento.



Gráfica 12: Diagrama de temperatura efectiva corregida, ciudad de San Luis Potosí
Fuente: Herramienta de trabajo del laboratorio de diseño bioclimático, UAM Azcapotzalco

Matriz de climatización

Considerando a la matriz de climatización como un resumen de las estrategias a utilizar, entonces se tiene que las más convenientes son:

- 1) Radiación solar directa, todo el año durante las mañanas. Evitar ganancias de calor por radiación solar directa durante las tardes de primavera y verano.
- 2) Radiación solar indirecta, para almacenamiento de calor, para otoño e invierno.
- 3) Protección del viento, todo el año, salvo en las horas más calientes de los meses de abril, mayo y junio, que corresponde al periodo del día entre las 13:00 y las 19:00 horas.
- 4) Ventilación natural, durante las horas más cálidas del día (13:00 – 19:00 horas) durante los meses de abril, mayo y junio, correspondiente a 0.40 m/s para abril y 0.50 m/s en mayo y junio. Según las condiciones del proyecto (orientación, volumen de aire interior, protección de radiación solar directa/indirecta), puede resultar conveniente considerar el flujo de ventilación natural durante el periodo más cálido del día en los meses de marzo, julio y agosto, que se presenta de las 14:00 a las 17:00 horas, correspondiente a 0.25 m/s.
- 5) Protección solar, durante las tardes del periodo correspondiente a primavera y verano, a partir de las 13:00 horas hasta el ocaso.
- 6) Sistemas evaporativos, estos pueden aplicarse durante los meses más secos del año, marzo, abril y mayo.








MATRIZ DE CLIMATIZACION														CIUDAD: San Luis Potosi					
CLIMA		SISTEMAS PASIVOS			OPCIONES DE DISEÑO ARQUITECTONICO								CLIMA: Semifrio - seco						
					INVIERNC		PRIMAVERA		VERANO		OTOÑO		LATITUD: 22° 12'						
													LONGITUD: 101° 01'						
													ALTITUD: 1883 msnm						
SEMI-FRIO SECO		ESTRATEGIAS	DIRECTO - INDIRECTO	DIAGRAMA	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ELEMENTOS REGULADORES		
		C	D	RADIACION SOLAR DIRECTA														ganancia solar directa por ventanas, tragaluces, lucernarios, etc.	
			D	GANANCIAS INTERNAS															lámparas, personas, equipos, chimeneas, etc.
			I	RADIACION SOLAR INDIRECTA															inercia térmica, radiación reflejada, sistemas aislados, etc.
			I	PROTECCION DEL VIENTO															elementos arquitectónicos y vegeación
				CONDENSACION DE AGUA															invernaderos húmedos y con vegetación, etc.
		E	D	AISLAMIENTO DE CALOR														Materiales aislantes	
			D	VENTILACION NATURAL															ventilación cruzada
			I	VENTILACION FORZADA															turbina o extractores de aire, torres eólicas, colectores de aires, etc.
			I	PROTECCION SOLAR															volados, aleros, partesoles, pergolas, celosías, lonas, etc. vegetación y orientación.
				ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO															riego por aspersión en elementos constructivos
			SISTEMAS RADIATIVOS															uso de materiales radiantes "cubierta estanque", etc.	
		D	D	CALENTAMIENTO DIRECTO														ganancia directa por ventanas, tragaluces, lucernarios, etc.	
			I	CALENTAMIENTO INDIRECTO															muro trombe, invernadero adosado invernaderos secos, etc.
			I	VENTILACION INDUCIDA															captadores eólicos, colectores de aire muro trombe, invernaderos, etc.
		H	D	SISTEMAS EVAPORATIVOS														espejos de agua, fuentes, cortinas de agua, albercas, lagos, ríos, mar, etc.	
			I	VENTILACION INDUCIDA															captadores eólicos, colectores de aire muro trombe, invernaderos, etc.

Tabla 3: Matriz de climatización

Fuente: Herramienta de trabajo del laboratorio de diseño bioclimático, UAM Azcapotzalco

Parámetros de evaluación

Algunos de los aspectos que se habrá de evaluar, en los casos de estudio seleccionados, además del desempeño térmico de los espacios, son los siguientes:

Forma:

- Configuración compacta
- Orientación sureste
- Espacios habitables orientados hacia el sureste, espacios de servicio hacia el noroeste
- Sombreado en verano, particularmente en las tardes y asoleado en invierno (control solar)
- Materiales masivos
- Protección del viento
- Ventilación controlada

Orientación:

- En el rango sur – sureste/sur – este

Materiales:

- Uso de materiales masivos, aprovechando la inercia térmica de éstos.
- Uso de materiales aislantes en orientaciones desfavorables, para disminuir la pérdida de calor.

Protección:

- Protección del viento durante las noches y mañanas, durante todo el año.
- Protección del sol durante las tardes, en particular durante primavera y verano

Ganancia de calor:

- Calentamiento solar directo, a través de vanos orientados al sureste.
- Calentamiento solar indirecto, a través de la masa térmica de los materiales

Capítulo 5 Comportamiento térmico de las viviendas de interés social

5.1 Casos de estudio

Para la selección de los casos de estudio, se toman en cuenta dos factores esenciales. El primero, que cumpla con el tipo de vivienda que se analiza en esta investigación. El segundo, es la edificación misma. Como se mencionó al principio del documento, existe una gama amplia de desarrolladores y cada uno de estos tiene una serie de prototipos determinada. Sin embargo, la mayoría de estas edificaciones se apega a una serie de esquemas de funcionamiento y crecimiento base. Lógicamente, de estos esquemas base, existe uno con mayor uso por los grupos constructores. Es este esquema el que se selecciona para el análisis, no tanto un prototipo determinado. A grandes rasgos, este esquema está compuesto por un espacio de usos múltiples (sala - comedor), dispuesto en sentido longitudinal (respecto al terreno) con áreas de habitación adosadas a un costado (también en sentido longitudinal) y en la parte posterior del espacio de usos múltiples, un área de servicios (cocina y sanitario) dispuesta en sentido transversal. Los prototipos que se analizan en esta investigación corresponden a este esquema de funcionamiento, ya que al ser el más utilizado, las conclusiones de este documento no quedarán limitadas a un sólo grupo constructor y a su catálogo de prototipos.

5.1.1 Prototipos para análisis

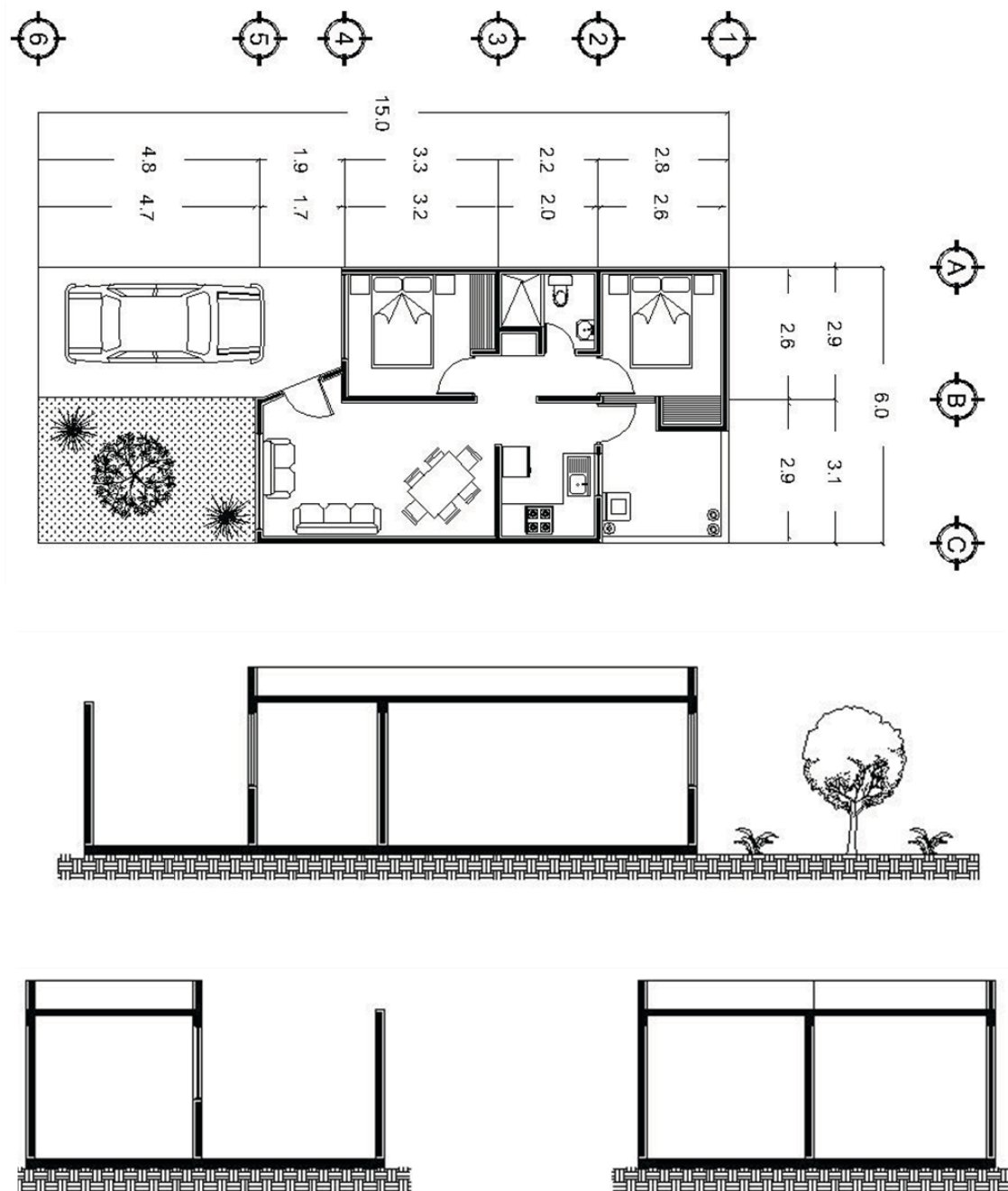


Imagen 13: Planta y secciones arquitectónicas del prototipo de análisis
Fuente: Grupo constructor *Urbanicasas*

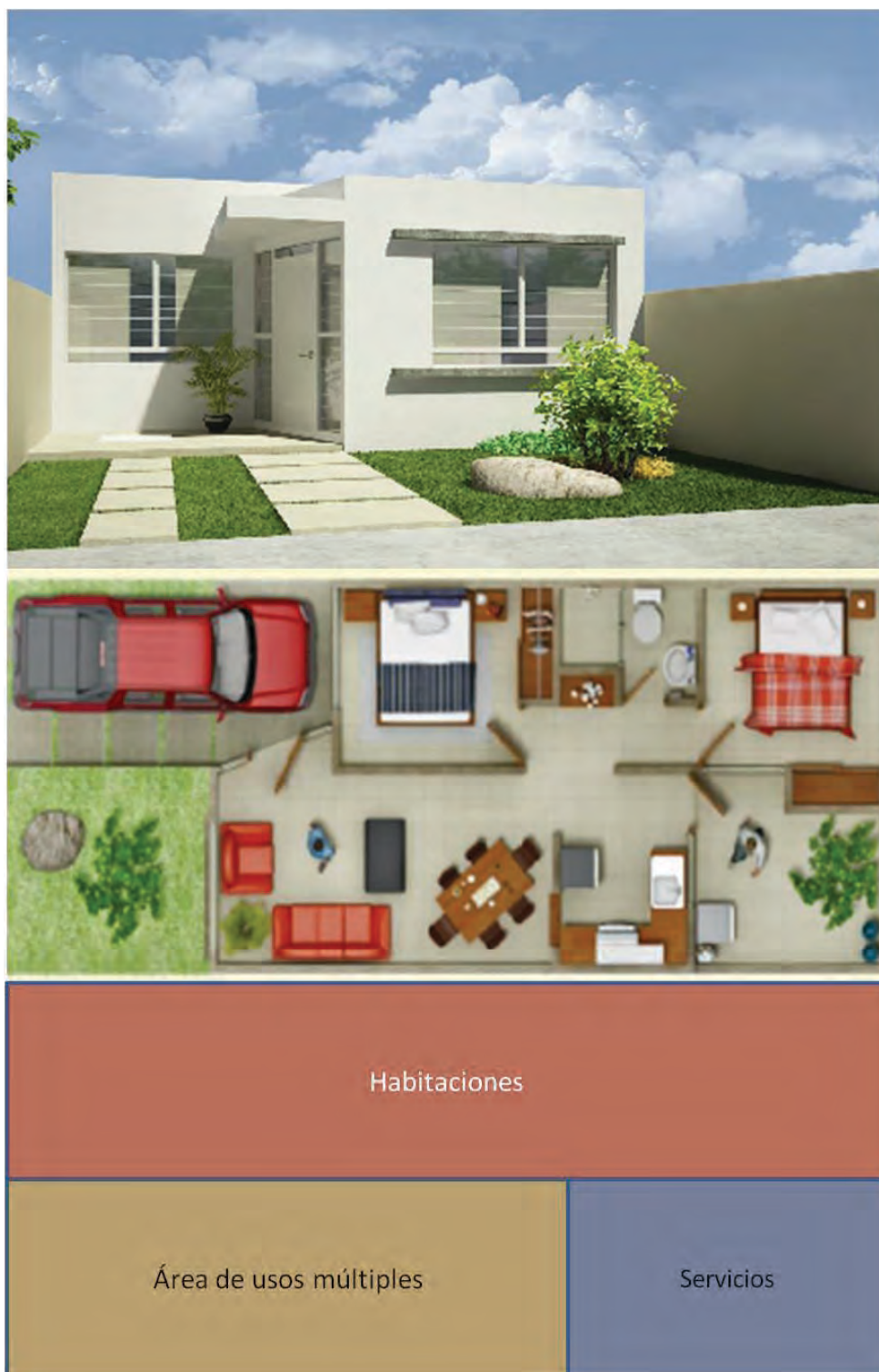


Imagen 14: Fachada, planta perspectivada y esquema de funcionamiento de prototipo de estudio
 Fuente: Sitio web de constructora *Urbanicasas*, esquema desarrollado por el autor de la investigación

Prototipo sureste

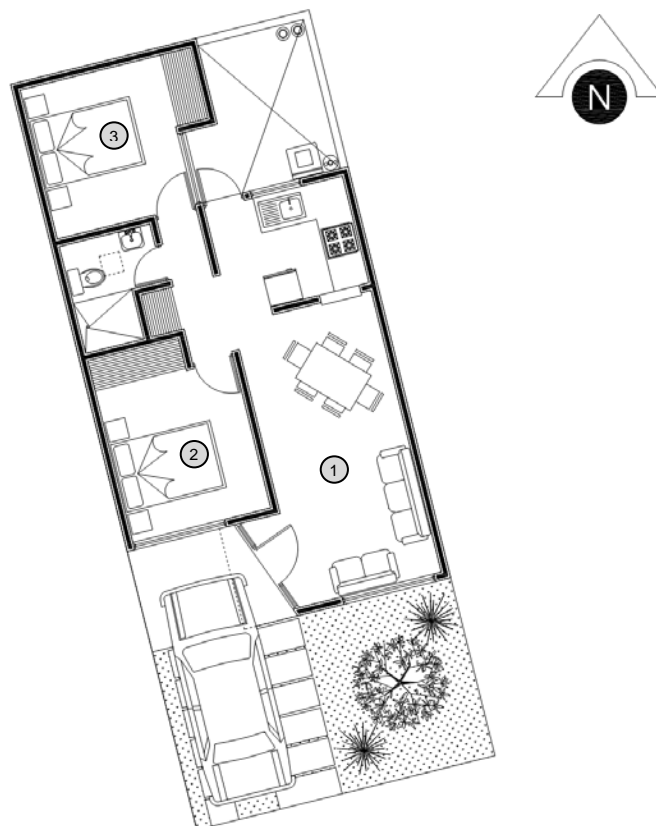


Imagen 15: Orientación y espacios de análisis de prototipo de estudio sureste

Fuente: Grupo constructor *Urbanicasas*, señalada por el autor de la investigación

El primer prototipo de análisis, cuenta con una orientación dominante sur-sureste, y son dos los espacios monitoreados que presentan esta orientación (siendo el primero la sala - comedor y el segundo, el dormitorio frontal). La orientación que presentan estos espacios favorece el ingreso directo del sol.

El tercer espacio monitoreado, dentro de la vivienda, presenta una orientación este-noreste, lo que limita las ganancias directas de calor debido a que el ingreso del sol, hacia el espacio, se ve limitado.

Prototipo noroeste

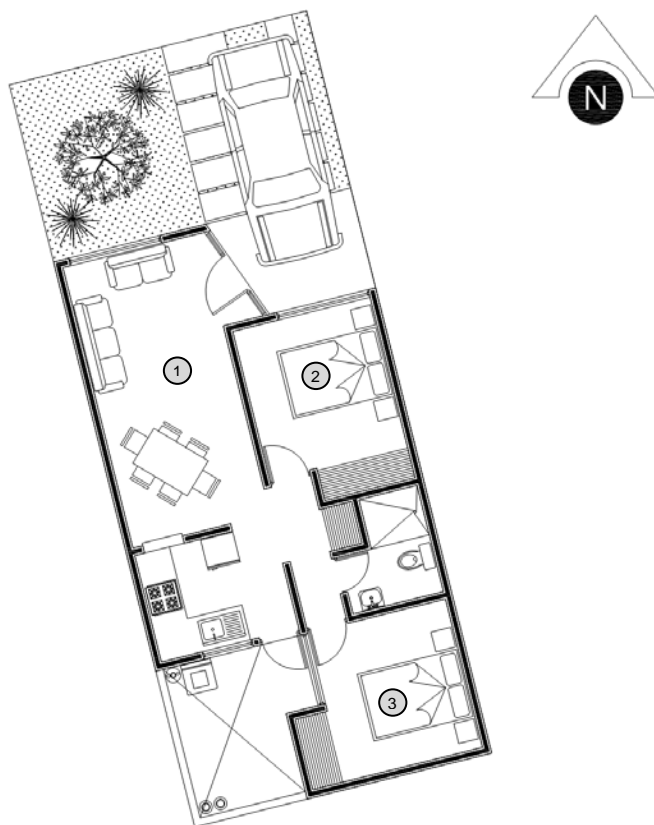


Imagen 16: Orientación y espacios de análisis de prototipo de estudio noroeste
Fuente: Grupo constructor *Urbanicasas*, señalada por el autor de la investigación

Esta es la segunda vivienda de análisis. El prototipo es idéntico al anterior, en cuanto a tipología arquitectónica, pero tiene una orientación completamente opuesta.

Este prototipo tiene una orientación dominante hacia el noroeste. Dos de los tres espacios monitoreados (el área de usos múltiples y la habitación frontal) presentan esta orientación.

El tercer espacio de análisis, la habitación posterior del prototipo, está orientado hacia el oeste – suroeste.

5.2 Comportamiento térmico de los casos de estudio

El monitoreo de los prototipos permitirá determinar cuál es el comportamiento térmico de éstos en determinadas condiciones climáticas. Se ha seleccionado, para llevar a cabo el registro, los momentos más críticos del año. Se realizan dos monitoreos, uno durante la temporada más fría y el segundo en temporada cálida. De esta forma se conseguirá conocer de forma precisa el desempeño térmico de los casos de estudio en dichas condiciones y, con base en dicho desempeño, se podrán establecer recomendaciones y estrategias para mejorar las condiciones al interior de los espacios.

5.2.1 Temporada fría

La primera parte del monitoreo físico de los prototipos de análisis se realizó durante la temporada invernal. Es en esta época que se presentan las temperaturas más bajas. Esto permite observar el comportamiento térmico de los espacios de análisis bajo las condiciones de bajo calentamiento que se presentan en dicha temporada.

El registro se llevó a cabo durante 25 días y en dos periodos. El primero se llevó a cabo del 3 de enero al 15 de enero. El segundo monitoreo se realizó del 21 de enero al 1 de febrero.

Entre estos dos periodos se observó una interesante evolución en la temperatura de los espacios. En el primer periodo de registro se presentó un comportamiento térmico propio del invierno, es decir, condiciones predominantes de bajo calentamiento. Durante el segundo periodo, sin embargo, hubo un incremento en la temperatura. Dicho aumento de temperatura se hizo aún más presente en los valores máximos de temperatura. A pesar de esto, las condiciones generales de temperatura se conservaron dentro de parámetros de bajo calentamiento.

Los espacios que se monitorearon fueron tres en cada prototipo, que corresponden a las áreas habitables: espacio de usos múltiples (sala comedor) y las dos recámaras.

5.2.1.1 Prototipo sureste

Reporte de resultados

Sala comedor		Enero																														Febrero	Prom.
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1							
Máxima	°C	23.0	24.0	23.5	24.0	25.5	25.5	23.0	24.0	26.5	27.5	25.0	20.0	26.0	30.0	29.5	30.5	28.0	29.5	29.5	28.5	28.0	19.5	18.5	24.5	25.5	25.6						
Media		16.6	17.0	17.3	18.2	19.0	19.7	18.8	19.4	19.9	19.7	19.3	16.7	18.9	22.8	23.3	23.8	22.5	23.3	22.3	21.2	21.1	17.5	15.7	18.3	19.6	19.7						
Mínima		12.0	11.5	12.5	14.0	14.0	15.5	17.0	16.5	15.0	14.5	15.0	15.0	15.0	17.0	18.5	18.5	18.5	18.5	17.0	15.5	16.0	15.5	14.0	14.0	16.0	15.5						
Habitación frontal		Enero																														Febrero	Prom.
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1							
Máxima	°C	24.5	24.5	25.5	26.5	27.5	28.0	23.5	26.5	28.0	28.0	27.0	20.5	27.0	31.0	31.0	31.5	29.5	31.0	30.0	29.0	30.0	20.0	19.5	25.5	28.0	26.9						
Media		17.4	17.7	18.3	19.2	20.2	20.9	19.5	20.4	20.9	20.4	20.1	17.3	19.6	23.1	23.7	24.1	22.9	23.8	22.9	21.8	22.0	18.2	16.2	18.9	20.3	20.4						
Mínima		13.0	12.5	13.5	14.5	14.5	16.0	17.5	17.0	15.5	15.0	16.0	15.5	15.5	18.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.0	16.5	17.0	16.5	15.0	14.5	16.5	16.2						
Habitación posterior		Enero																														Febrero	Prom.
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1							
Máxima	°C	17.5	18.0	16.5	18.0	17.5	19.0	18.0	19.0	19.0	18.5	18.0	16.0	19.0	21.0	21.5	21.5	21.0	21.5	19.5	19.0	19.5	17.0	15.5	18.0	19.0	18.7						
Media		14.3	14.2	14.3	14.8	15.1	16.2	16.7	17.2	16.4	15.6	15.5	14.6	15.9	18.5	19.0	19.1	18.9	19.3	17.5	16.1	16.3	15.4	14.1	15.3	16.7	16.3						
Mínima		12.0	11.0	12.0	12.5	12.5	13.5	15.5	15.5	14.0	13.0	13.5	13.0	13.0	13.5	15.5	16.5	16.5	16.5	17.0	15.0	13.0	13.5	14.0	13.0	12.5	14.5	14.0					

Tabla 4: Promedios de temperaturas registradas en el prototipo sureste, periodo frío

Fuente: Tabla desarrollada por el autor de la investigación

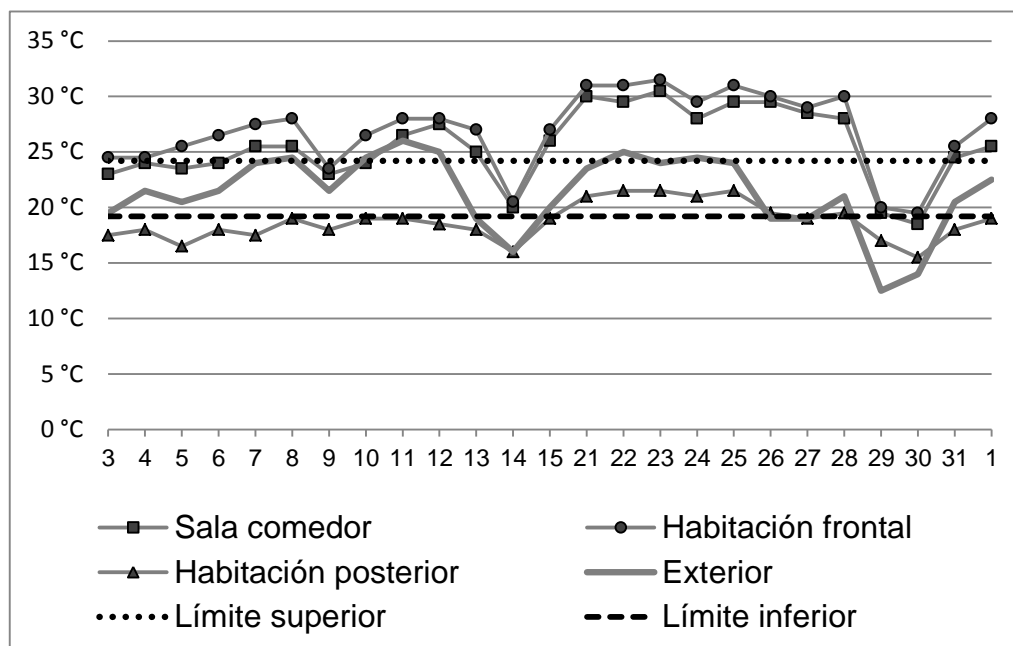
Los espacios en el prototipo de análisis se monitorearon en el mes de enero y durante el primer día de febrero, cubriendo un periodo de 25 días, durante la temporada invernal.

En el área de usos múltiples (sala – comedor) se presentó una temperatura media de 19.7 °C. La temperatura máxima promedio fue de 25.6 °C. La temperatura mínima promedio presenta un valor de 15.5 °C. La temperatura máxima registrada presentó un valor de 30.5 °C. La temperatura mínima registrada fue de 11.5 °C.

En la recámara frontal se registró una temperatura media de 20.4 °C, una temperatura máxima promedio de 26.9 °C y una temperatura mínima promedio de 16.2 °C. La temperatura máxima presente en el espacio fue de 31.5 °C. La temperatura mínima registrada fue de 12.5 °C.

El tercer espacio de monitoreo, la habitación posterior, presentó una temperatura media interior de 16.3 °C. La temperatura máxima promedio es de 18.7 °C. La temperatura mínima promedio es de 14.0 °C. En el espacio se registró una temperatura máxima de 21.5 °C y una temperatura mínima de 11.0°C.

Prototipo sureste - temperatura máxima



Gráfica 13: Comparativa de temperatura máxima, prototipo sureste, periodo frío
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

En la gráfica se muestran los valores de temperatura máxima registrada durante el periodo monitoreado. Se puede apreciar que se presentó un periodo cálido durante la segunda mitad del monitoreo, en el cual las temperatura aumentó considerablemente.

La temperatura máxima presente en la sala comedor y en la recámara frontal, como se puede apreciar en la gráfica, exceden el límite superior del rango de confort, a excepción de los días más fríos.

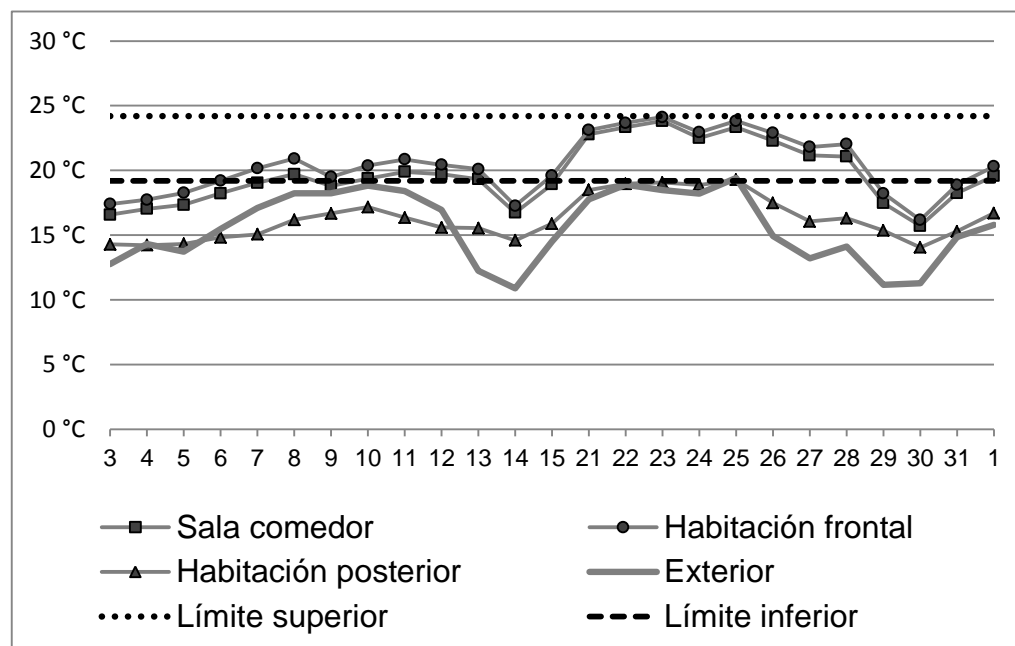
En el espacio correspondiente a la recámara posterior, se presentaron las temperaturas máximas más bajas (generalmente por debajo del valor exterior), y éstas se encuentran, por lo regular, debajo del rango de confort.

En cuanto a la temperatura máxima exterior, generalmente se encuentra dentro del rango de confort, salvo en los días más fríos del periodo monitoreado.

Las temperaturas máximas regularmente se presentaron alrededor de las 15:00 horas. En ninguno de los espacios del prototipo se presentaron condiciones de confort. En las áreas orientadas hacia el sur-sureste (sala comedor y recámara frontal) hubo condiciones de sobrecalentamiento.

En la habitación posterior, con orientación este-noreste las condiciones también fueron desfavorables, presentando bajo calentamiento excepto en el periodo cálido, durante el cual hubo condiciones de confort en dicho espacio.

Prototipo sureste - temperatura media



Gráfica 14: Comparativa de temperatura media, prototipo sureste, periodo frío
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

La gráfica muestra los valores de temperatura media diaria durante el periodo registrado, para los espacios monitoreados y al exterior. Como ocurría en la gráfica de temperaturas máximas, se puede apreciar un aumento en la temperatura durante el segundo periodo de monitoreo, sobre todo en los espacios orientados al sur-sureste.

En cuanto al espacio con orientación este-noreste, el aumento en temperatura no es tan acentuado, sin embargo sí está presente.

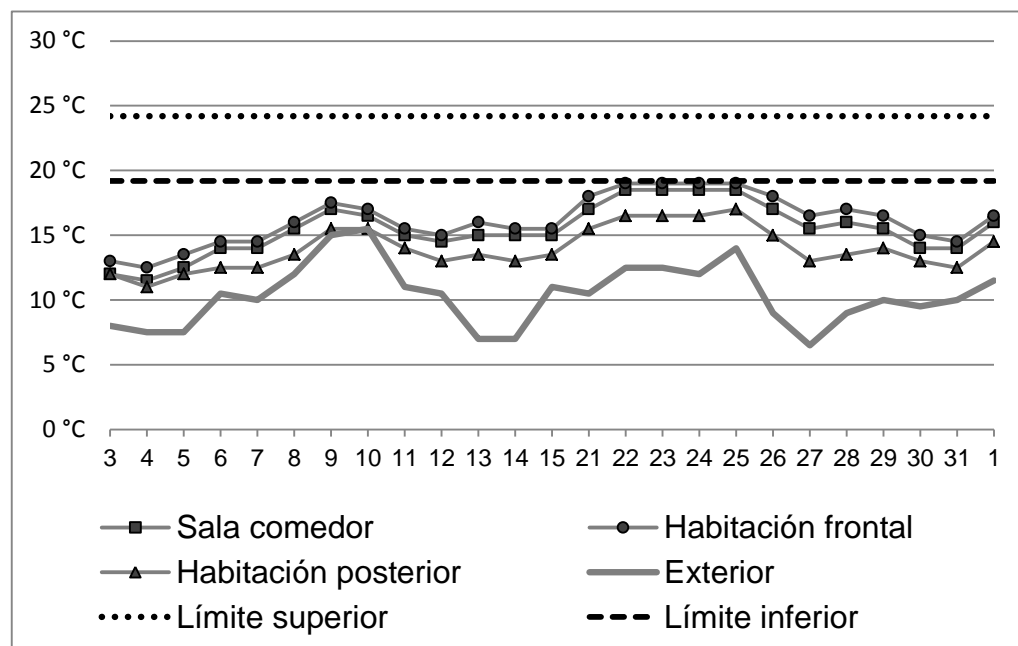
El área de usos múltiples y la recámara frontal presentan valores casi idénticos, variando escasamente uno de otro. Durante el periodo monitoreado, los valores de temperatura media se encuentran regularmente dentro de los límites de confort térmico, aún durante el periodo cálido presente.

Durante los días más fríos del periodo, la temperatura media se encuentra por debajo del límite inferior de confort.

La habitación posterior (orientación este-noreste) nuevamente presenta los registros más bajos de temperatura, descendiendo en repetidas ocasiones a valores por debajo de la temperatura media exterior. Sólo durante los días más fríos, la temperatura media de este espacio se encuentra, notablemente, por encima de la media exterior.

En cuanto a temperatura media, la habitación posterior se muestra claramente como el espacio con mayor deficiencia, en cuanto a comportamiento térmico se refiere, presentando valores de temperatura constantemente por debajo del límite inferior de confort.

Prototipo sureste - temperatura mínima



Gráfica 15: Comparativa de temperatura mínima, prototipo sureste, periodo frío
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

En la gráfica se muestran las temperaturas mínimas presentes en las áreas monitoreadas, dentro del prototipo de análisis. El comportamiento térmico es similar dentro de los tres espacios. La habitación frontal y el área de usos múltiples, de nueva cuenta, presentan valores de temperatura mínima similares.

La habitación posterior registró valores por debajo de dichas áreas, sin embargo la diferencia es menor que con los valores de temperatura media y máxima, con respecto a los espacios orientados hacia el sur-sureste.

Se aprecia en la gráfica que la diferencia de temperatura mínima, durante los días más fríos del periodo de registro, entre los espacios interiores y el exterior, es notable. Sin embargo, en ningún momento se alcanza el rango de confort, por lo que todos los espacios monitoreados presentan condiciones de bajo calentamiento durante las horas más frías del día, en el periodo invernal.

5.2.1.2 Prototipo noroeste

Reporte de resultados

Sala comedor		Enero																														Febrero	Prom
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1							
Máxima	°C	18.0	18.0	18.0	19.0	19.5	20.5	19.5	20.5	20.5	20.5	19.5	17.0	20.5	23.0	24.0	24.0	23.0	24.0	22.0	21.0	21.5	17.0	16.5	20.0	21.0	18.9						
Media		14.1	13.7	14.0	14.9	15.5	16.7	16.8	17.4	16.7	16.1	16.0	14.7	16.4	18.9	19.6	19.7	19.5	20.0	18.0	16.7	16.9	15.7	14.4	15.8	17.1	16.6						
Mínima		11.5	10.0	10.5	10.0	12.0	13.0	15.0	15.0	13.0	12.5	13.0	13.0	13.5	15.0	16.0	16.0	16.0	17.0	14.5	12.5	13.0	14.5	13.0	12.5	14.5	13.5						
Habitación frontal		Enero																														Febrero	Prom
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1							
Máxima	°C	17.5	17.0	17.5	18.0	19.0	20.0	18.5	20.0	20.0	20.0	19.5	17.0	20.0	22.0	23.0	23.0	22.5	22.5	20.5	20.0	20.5	17.0	16.5	19.0	20.5	19.6						
Media		14.0	13.6	13.9	14.8	15.4	16.6	16.8	17.3	16.6	15.9	16.0	14.8	16.3	18.7	19.4	19.5	19.4	19.6	17.8	16.5	16.7	15.7	14.4	15.6	16.9	16.5						
Mínima		11.5	10.0	11.0	12.0	12.0	13.5	15.0	15.0	13.5	12.5	13.5	13.0	13.5	15.5	16.0	16.5	16.5	17.0	15.0	13.0	13.5	14.5	13.0	13.0	14.5	13.8						
Habitación posterior		Enero																														Febrero	Prom
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1							
Máxima	°C	18.5	19.0	18.5	18.5	20.5	21.0	19.5	20.5	21.5	21.0	19.5	17.0	20.5	26.5	25.0	27.5	24.5	27.0	27.0	25.5	24.5	17.5	16.0	20.0	20.5	21.5						
Media		14.6	14.3	14.4	15.0	15.8	16.9	16.9	17.4	17.1	16.5	16.3	14.9	16.4	19.7	20.1	20.6	19.9	20.5	19.6	18.3	18.1	16.1	14.5	15.6	16.8	17.1						
Mínima		12.0	10.5	11.5	12.0	12.5	14.0	15.5	15.5	14.0	13.0	14.0	13.5	14.0	16.0	17.5	17.0	17.5	17.5	16.0	14.5	15.0	15.0	13.5	13.0	15.0	14.4						

Tabla 5: Promedios de temperaturas registradas en el prototipo sureste, periodo frío

Fuente: Tabla desarrollada por el autor de la investigación

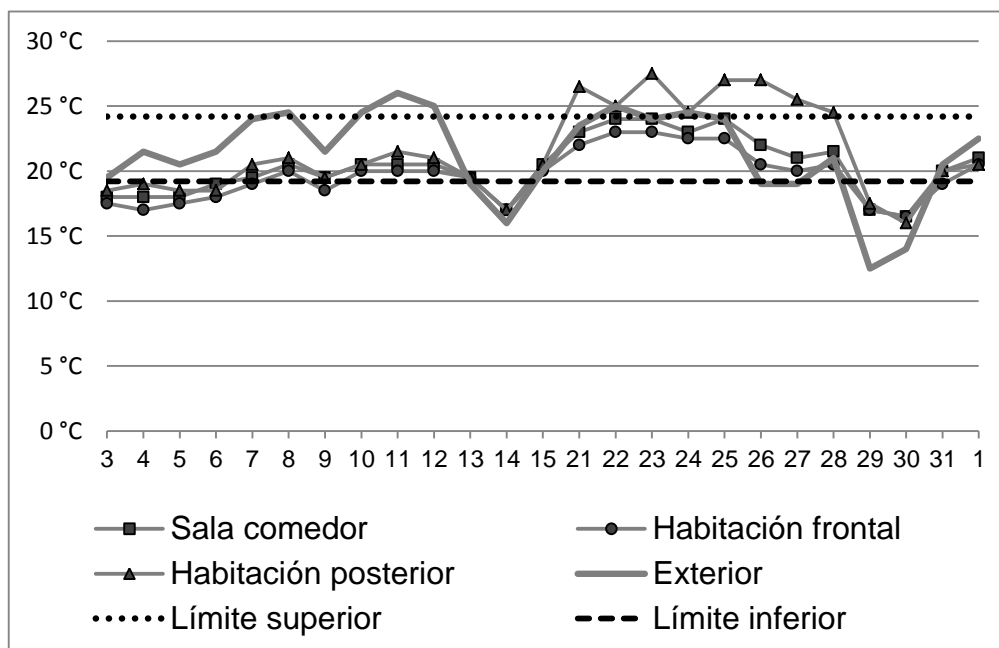
Los espacios en el prototipo de análisis se monitorearon en el mes de enero y durante el primer día de febrero, cubriendo un periodo de 25 días, durante la temporada invernal.

En la sala comedor la temperatura media promedio es de 16.6 °C. La temperatura máxima promedio en el espacio es de 20.3 °C. En el espacio se registró un valor máximo de temperatura de 24 °C. La temperatura mínima promedio tiene un valor de 13.5 °C y el valor mínimo de temperatura se registró con un valor de 10 °C.

La temperatura media promedio en la recámara frontal es de 16.5 °C. La temperatura máxima promedio es de 19.6 °C y se presentó una máxima de 23 °C. La temperatura mínima promedio en dicho espacio es de 13.8 °C con valor mínimo registrado de 10 °C.

La habitación posterior presentó una temperatura media promedio de 17.1 °C. La temperatura máxima promedio es de 21.5 °C y se registró una máxima de 27.5 °C. En el espacio se registraron una temperatura mínima promedio de 14.4 °C y una mínima extrema de 10.5 °C.

Prototipo noroeste - temperatura máxima



Gráfica 16: Comparativa de temperatura máxima, prototipo noroeste, periodo frío
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

En el diagrama se muestran los promedios de temperatura máxima diaria, al interior del espacio y al exterior. Se puede apreciar en la gráfica que, durante el primer periodo de monitoreo, los tres espacios presentaron valores de temperatura máxima muy similares. La habitación posterior, que cuenta con orientación oeste – suroeste presentó una temperatura ligeramente superior.

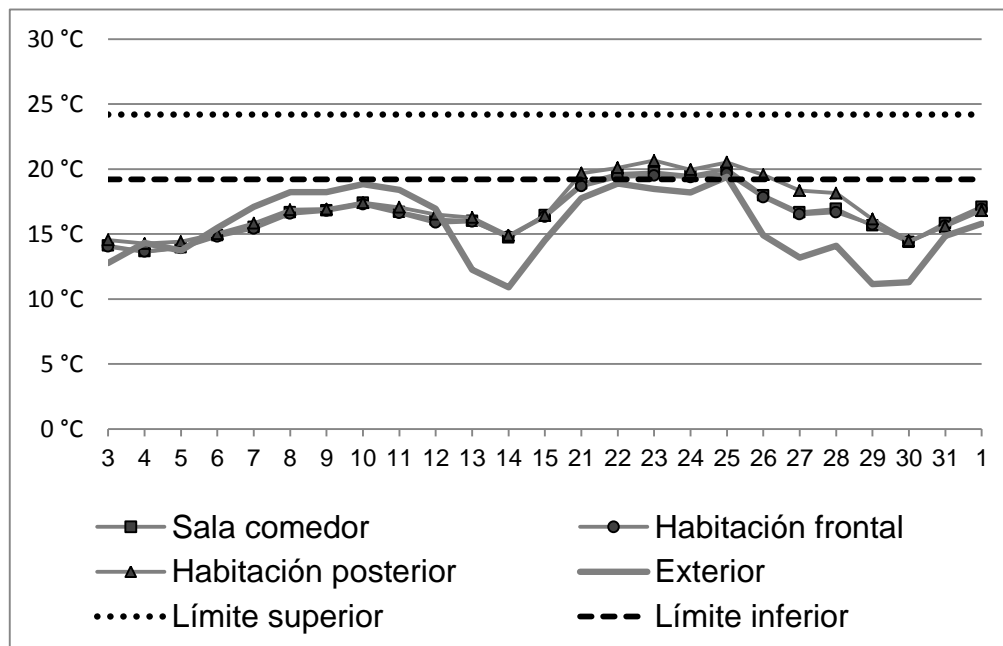
En el caso de los tres espacios, al presentarse el momento más cálido del día, alcanzaron a presentarse condiciones de confort.

Durante el segundo periodo de registro, los valores de temperatura máxima se incrementaron y en el particular caso de la recámara posterior, sobrepasaron el límite superior del rango de confort. Los otros dos espacios se mantuvieron dentro de la zona de confort durante este periodo cálido.

En cuanto al valor exterior de temperatura máxima, durante el primer periodo generalmente se encuentra dentro de los límites de confort establecidos. Los valores de temperatura máxima exterior, durante este periodo, son más altos que al interior de los espacios por un margen notable.

En el segundo periodo de monitoreo, la temperatura máxima promedio exterior conserva un comportamiento similar, manteniéndose dentro del rango de confort, salvo en los días más fríos. En este periodo, presenta valores muy similares al de los espacios con orientación norte – noroeste (sala comedor y habitación frontal) y se registra por debajo de los valores obtenidos en la habitación posterior.

Prototipo noroeste - temperatura media



Gráfica 17: Comparativa de temperatura media, prototipo noroeste, periodo frío
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

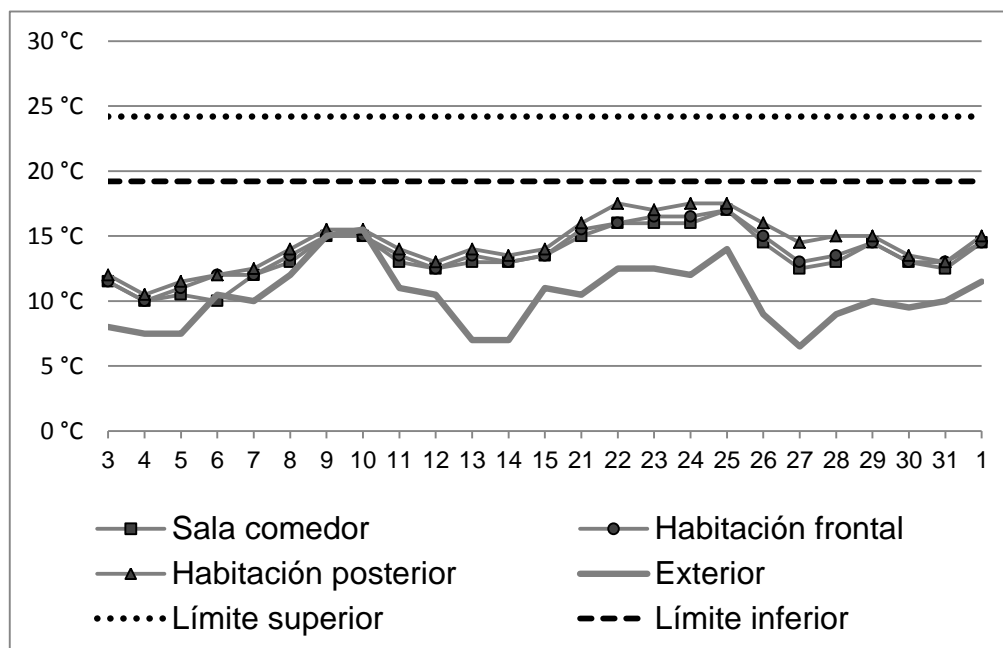
En la gráfica de líneas se presentan los valores de temperatura media promedio diarios, para el periodo de monitoreo y en los espacios de análisis.

Los tres espacios presentaron un comportamiento casi idéntico, en cuanto temperatura media. Durante el segundo periodo de monitoreo, la habitación posterior presentó valores de temperatura media sensiblemente superiores al de los otros espacios. Ni uno de los tres espacios consigue colocarse dentro del rango de confort aceptable. Al presentarse un aumento en la temperatura en la habitación posterior, el índice de calor apenas es suficiente para que sobrepase el límite inferior de la zona de confort térmico.

La habitación frontal y el área de usos múltiples estuvieron en condiciones de bajo calentamiento durante todo el periodo de monitoreo.

La temperatura media exterior se mantuvo siempre por debajo de la zona de confort térmico. En cuanto al valor de media exterior, se puede observar que tuvo un comportamiento similar al de los espacios interiores, salvo durante los días más fríos, en los que el índice de temperatura bajó considerablemente más que al interior de los espacios.

Prototipo noroeste - temperatura mínima



Gráfica 18: Comparativa de temperatura mínima, prototipo noroeste, periodo frío
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

En cuanto a temperatura mínima, todos los espacios se encuentran en condiciones de bajo calentamiento y presentan un comportamiento similar. Al igual que con las temperatura máximas y medias, la habitación posterior se presente con los valores más elevados. Sin embargo, el margen de diferencia es mínimo.

Es necesario señalar que durante los momentos más fríos del día, los espacios no presentan temperaturas tan bajas como en el exterior.

5.2.2 Temporada cálida

La segunda parte del registro de temperatura se llevó a cabo mediante una simulación digital de los prototipos, y corresponde a la temporada más cálida del año en la ciudad de San Luis Potosí (el mes de mayo), con el fin de observar el comportamiento térmico que existe en los espacios de análisis durante condiciones de sobrecalentamiento que suelen presentarse en dicha temporada.

La simulación digital se realizó con el software especializado "Design builder", que emplea el motor de cálculo "Energy Plus ®". Se modelaron los dos prototipos de análisis y se realizó la simulación de forma horaria, durante el periodo seleccionado empleando datos geográficos y climáticos normalizados.

A pesar de que la simulación abarcó todos los espacios de los prototipos (incluyendo las áreas de servicio), en este documento sólo se presentan los resultados correspondientes a las áreas habitables de dichos prototipos (sala-comedor, habitación frontal y habitación posterior).

5.2.2.1 Prototipo sureste

Reporte de resultados

Sala comedor		Mayo																															Prom
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Máxima	°C	27.3	29.6	27.1	26.2	26.6	27.1	26.8	25.8	23.3	23.8	23.1	23.8	24.0	23.6	27.8	27.5	27.5	27.9	28.9	30.0	27.9	26.6	29.5	29.7	30.8	26.7	30.2	26.7	30.0	30.0	30.2	27.3
Media		21.6	23.8	24.0	23.2	23.3	23.8	23.0	22.3	21.4	20.5	21.1	20.4	20.6	20.6	22.1	23.0	23.1	23.4	23.8	25.6	25.3	24.1	24.6	24.9	25.5	24.8	25.0	25.1	25.1	25.1	25.1	23.4
Mínima		16.7	19.0	21.4	20.7	20.5	21.1	19.7	19.8	19.9	17.9	19.1	17.9	17.7	18.3	17.2	18.8	19.3	19.4	19.4	21.7	23.1	22.1	20.3	20.5	20.8	23.1	20.3	23.5	21.0	20.8	20.4	20.0
Habitación frontal		Mayo																															Prom
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Máxima	°C	26.7	28.5	26.4	26.1	26.3	27.0	26.5	25.6	23.4	23.8	23.1	23.7	23.8	23.5	27.0	27.0	27.0	27.5	28.4	29.3	27.7	26.6	29.0	29.2	30.3	26.7	29.7	26.6	29.5	29.6	29.8	26.9
Media		21.7	23.7	23.9	23.4	23.4	23.9	23.1	22.5	21.7	20.8	21.2	20.6	20.8	20.7	22.1	23.0	23.2	23.5	23.9	25.4	25.3	24.3	24.7	24.9	25.5	24.9	25.1	25.1	25.2	25.2	25.2	23.5
Mínima		17.3	19.3	21.6	21.1	20.9	21.4	20.2	20.2	20.3	18.4	19.4	18.3	18.1	18.7	17.6	19.2	19.7	19.8	19.9	22.0	23.3	22.5	20.9	21.0	21.3	23.4	20.9	23.7	21.5	21.3	21.0	20.5
Habitación posterior		Mayo																															Prom
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Máxima	°C	26.4	28.3	26.2	25.8	26.1	27.0	26.2	25.3	23.1	23.4	22.8	23.4	23.4	23.1	26.6	26.7	26.8	27.3	28.2	29.1	27.4	26.3	28.7	29.0	30.2	26.6	29.5	26.5	29.3	29.5	29.7	26.7
Media		21.9	23.9	24.0	23.4	23.6	24.2	23.3	22.5	21.7	20.8	21.2	20.6	20.7	20.6	22.1	23.2	23.4	23.8	24.2	25.6	25.3	24.3	24.9	25.2	25.9	25.1	25.4	25.2	25.5	25.6	25.6	23.6
Mínima		17.7	19.7	21.9	21.3	21.1	21.7	20.5	20.5	20.5	18.6	19.5	18.6	18.3	18.8	17.9	19.5	20.1	20.3	20.4	22.3	23.5	22.7	21.2	21.5	21.8	23.8	21.4	24.0	21.9	21.8	21.6	20.8

Tabla 6: Promedios de temperaturas registradas en el prototipo sureste, periodo cálido

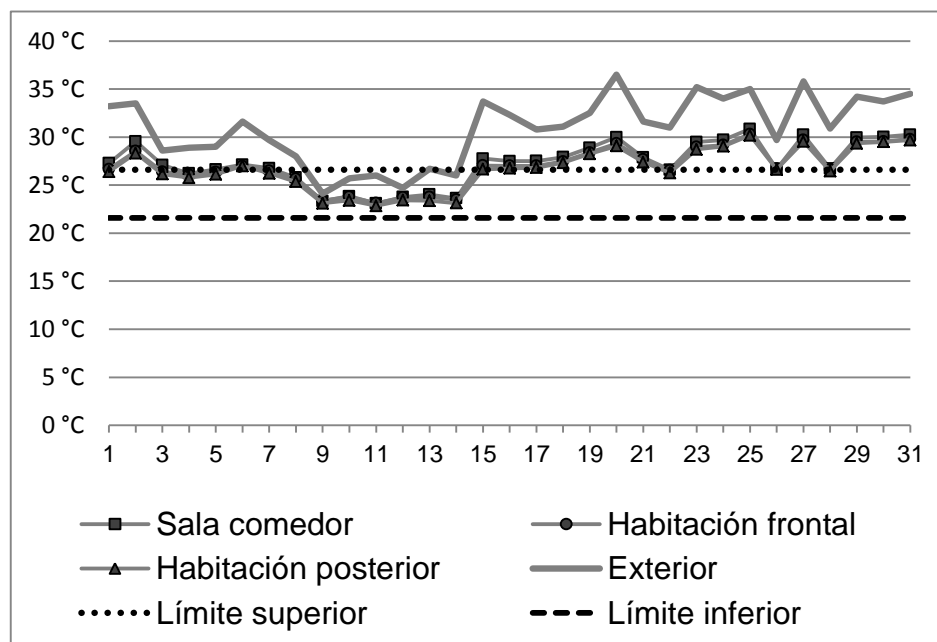
Fuente: Tabla desarrollada por el autor de la investigación

En el área que corresponde a la sala - comedor el valor de temperatura media es de 23.4 °C. La temperatura máxima promedio fue de 27.3 °C. La temperatura mínima promedio presenta un valor de 20.0 °C. La temperatura máxima registrada tiene un valor de 27.3 °C. La temperatura mínima registrada fue de 16.7 °C.

En la recámara frontal se registró una temperatura media de 23.5 °C, una temperatura máxima promedio de 26.9 °C y una temperatura mínima promedio de 20.5 °C. La temperatura máxima simulada en el espacio fue de 30.3 °C. La temperatura mínima registrada fue de 17.3 °C.

El tercer espacio de monitoreo, la habitación posterior, presentó una temperatura media interior de 23.6 °C. La temperatura máxima promedio es de 26.7 °C. La temperatura mínima promedio es de 20.8 °C. En el espacio se registró una temperatura máxima de 30.2 °C y una temperatura mínima de 17.7 °C.

Prototipo sureste - temperatura máxima



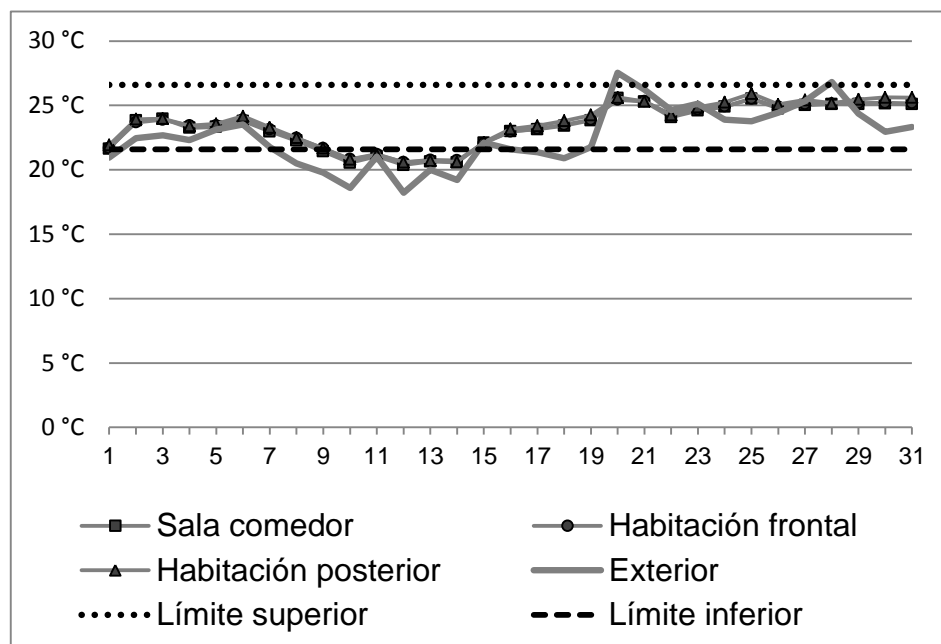
Gráfica 19: Comparativa de temperatura máxima, prototipo sureste, periodo cálido
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

En la gráfica se muestran los valores de temperatura máxima registrada durante el periodo monitoreado.

La temperatura máxima promedio, en los tres espacios, se encuentra por encima del límite superior del rango de confort establecido para el mes de mayo (21.6 a 26.6 °C). El espacio que registró el valor de temperatura máxima más elevado es el correspondiente a la sala - comedor. Durante los días más frescos de este periodo, los valores de temperatura máxima se encuentran en confort. Como se puede apreciar en la gráfica, los tres espacios del prototipo presentan valores de temperatura muy similares.

En cuanto a la temperatura máxima exterior, salvo en los días más frescos del periodo, los valores registrados se encuentran, y de forma constante, fuera del rango de confort.

Prototipo sureste - temperatura media

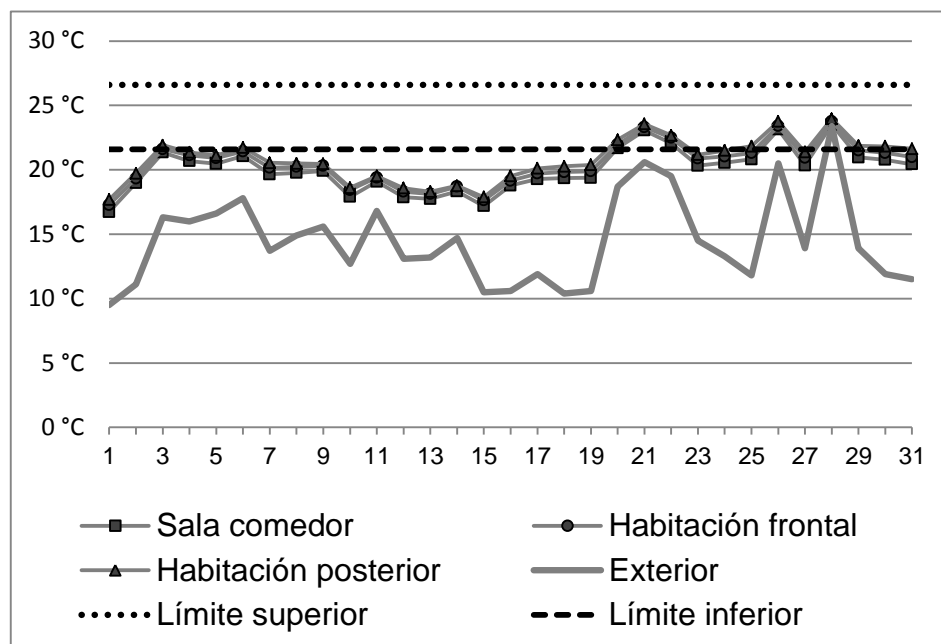


Gráfica 20: Comparativa de temperatura media, prototipo sureste, periodo cálido
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

La gráfica muestra los valores de temperatura media diaria durante el periodo registrado, para los espacios monitoreados y al exterior. Como ocurría en la gráfica de temperaturas máximas, se puede apreciar un aumento en la temperatura a partir de la segunda mitad, aproximadamente, del mes.

En los tres espacios, el valor de temperatura media promedio se encuentra dentro de los límites de confort recomendados para el mes de mayo. Durante la segunda semana estos valores disminuyen y se sitúan por debajo del límite inferior de confort. Al igual que con las temperatura máximas promedio, los tres espacios presentan valores de temperatura media muy similares entre sí. Al exterior el valor de temperatura media promedio se encuentra también dentro del rango de confort recomendado. Sólo en ciertos días se presentan picos que salen de la zona de confort.

Prototipo sureste - temperatura mínima



Gráfica 21: Comparativa de temperatura mínima, prototipo sureste, periodo cálido
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

En la gráfica se muestran las temperaturas mínimas presentes en el prototipo de análisis. El comportamiento térmico es similar dentro de los tres espacios. La sala comedor presenta la temperatura mínima promedio más baja, en comparación con las otras áreas.

Los valores de temperatura mínima promedio se están por debajo del límite inferior de confort. Sólo en algunos días del mes, estos valores ascienden y se encuentran en confort. En comparación con las condiciones al exterior del prototipo, a los valores mínimos de temperatura son más estables.

Al exterior, la temperatura mínima promedio se encuentra constantemente por debajo de la zona de confort adecuada. La oscilación térmica presente al exterior, es también más elevada que al interior de los espacios del prototipo de análisis.

5.2.2.2 Prototipo noroeste

Reporte de resultados

Sala comedor		Mayo																															Prom
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Máxima	°C	27.3	29.4	26.9	26.2	26.6	27.0	26.7	25.7	23.5	23.9	23.1	23.7	24.1	23.6	27.9	27.6	27.5	27.9	28.9	30.0	27.9	26.5	29.6	29.8	31.0	26.6	30.3	26.7	29.9	30.1	30.4	27.3
Media		21.6	24.0	24.1	23.3	23.5	23.9	22.9	22.2	21.5	20.6	21.2	20.4	20.7	20.6	22.2	23.2	23.3	23.6	24.1	25.8	25.4	24.1	24.7	25.1	25.8	24.9	25.1	25.2	25.2	25.4	25.3	23.5
Mínima		16.6	19.1	21.5	20.7	20.5	21.1	19.4	19.7	19.9	17.8	19.2	17.9	17.7	18.3	17.2	19.0	19.4	19.4	19.5	21.8	23.1	22.0	20.2	20.6	20.9	23.3	20.2	23.6	20.8	20.8	20.5	20.0
Habitación frontal		Mayo																															Prom
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Máxima	°C	26.9	29.0	26.5	26.0	26.4	26.7	26.5	25.6	23.3	23.7	23.0	23.5	23.9	23.5	27.4	27.3	27.2	27.7	28.6	29.6	27.7	26.3	29.3	29.5	30.8	26.5	30.0	26.5	29.7	29.9	30.1	27.1
Media		21.6	23.9	24.0	23.3	23.3	23.8	22.9	22.3	21.5	20.6	21.1	20.4	20.7	20.7	22.1	23.2	23.3	23.5	24.0	25.6	25.3	24.0	24.6	25.0	25.7	24.9	25.0	25.1	25.0	25.3	25.3	23.4
Mínima		16.8	19.3	21.6	20.8	20.6	21.2	19.8	19.9	20.1	18.0	19.2	18.0	17.9	18.5	17.4	19.2	19.6	19.7	19.7	21.9	23.2	22.1	20.4	20.9	21.1	23.4	20.4	23.6	21.0	21.1	20.8	20.2
Habitación posterior		Mayo																															Prom
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Máxima	°C	27.0	29.0	26.7	26.1	26.5	26.5	26.6	25.8	23.6	23.9	22.8	23.4	23.8	23.5	27.4	27.4	27.4	27.9	28.8	29.5	27.6	26.3	29.2	29.5	30.7	26.5	30.0	26.4	29.7	29.9	30.2	27.1
Media		21.7	23.8	24.0	23.5	23.5	23.8	23.1	22.6	21.8	20.9	21.1	20.5	20.7	20.7	22.1	23.1	23.3	23.7	24.1	25.5	25.3	24.2	24.7	25.0	25.7	24.9	25.1	25.1	25.2	25.3	25.3	23.5
Mínima		17.4	19.6	21.9	21.3	21.0	21.6	20.3	20.4	20.5	18.6	19.5	18.4	18.2	18.8	17.8	19.5	20.0	20.2	20.3	22.2	23.5	22.6	21.0	21.3	21.6	23.6	21.1	23.8	21.6	21.6	21.4	20.7

Tabla 7: Tabla 8: Promedios de temperaturas registradas en el prototipo sureste, periodo cálido

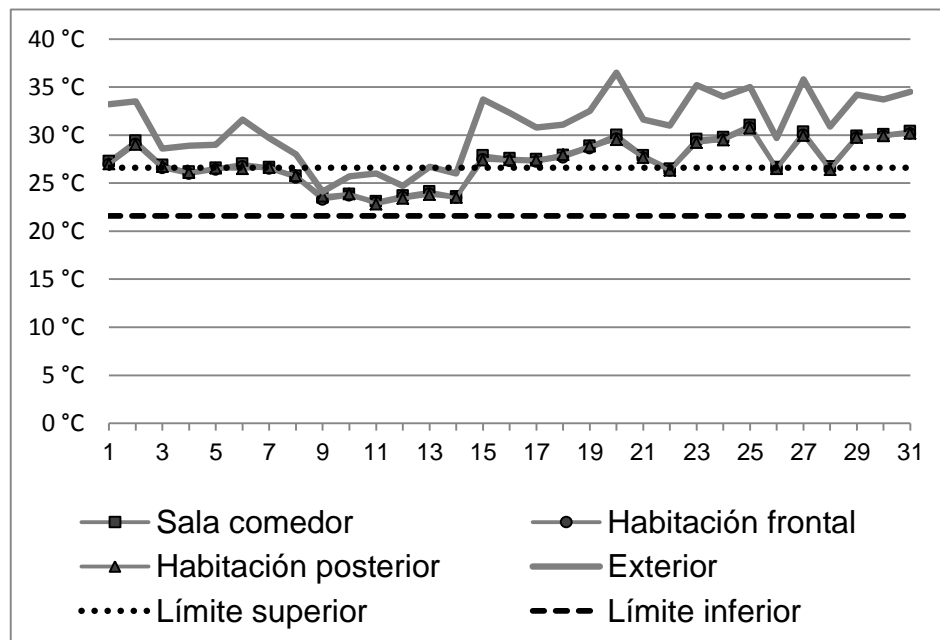
Fuente: Tabla desarrollada por el autor de la investigación

En el área que corresponde a la sala - comedor el valor de temperatura media promedio es de 23.5 °C. La temperatura máxima promedio fue de 27.3 °C. La temperatura mínima promedio presenta un valor de 20.0 °C. La temperatura máxima registrada tiene un valor de 31.0 °C. La temperatura mínima registrada fue de 16.6 °C.

En la recámara frontal se registró una temperatura media de 23.4 °C, una temperatura máxima promedio de 27.1 °C y una temperatura mínima promedio de 20.2 °C. La temperatura máxima simulada en el espacio fue de 30.8 °C. La temperatura mínima registrada fue de 16.8 °C.

El tercer espacio de monitoreo, la habitación posterior, presentó una temperatura media interior de 23.5 °C. La temperatura máxima promedio es de 27.1 °C. La temperatura mínima promedio es de 20.7 °C. En el espacio se registró una temperatura máxima de 30.7 °C y una temperatura mínima de 17.4 °C.

Prototipo noroeste - temperatura máxima



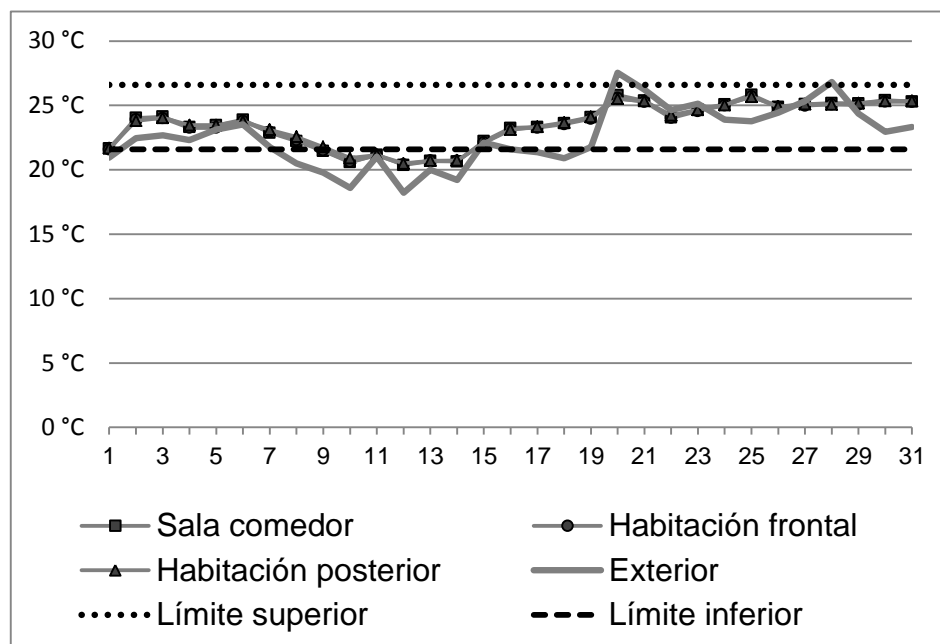
Gráfica 22: Comparativa de temperatura máxima, prototipo noroeste, periodo cálido
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

En el diagrama se muestran los promedios de temperatura máxima diaria, al interior del espacio y al exterior.

Los valores de temperatura máxima promedio, al interior de los espacios, se encuentran por encima del límite superior de confort. Se puede apreciar en la gráfica que, salvo en los días más frescos del periodo, la temperatura máxima que en los espacios sale del rango de confort térmico. El área con un valor de temperatura máxima promedio más elevado es la sala comedor (27.3 °C), sin embargo la diferencia con respecto a los otros dos espacios es mínima (27.1 °C en ambos espacios)

Al exterior, la temperatura máxima promedio tiene un valor mayor al del límite superior de confort térmico (26.6 °C) por lo que existen condiciones de sobrecalentamiento cuando se presentan dichos valores de temperatura máxima.

Prototipo noroeste - temperatura media



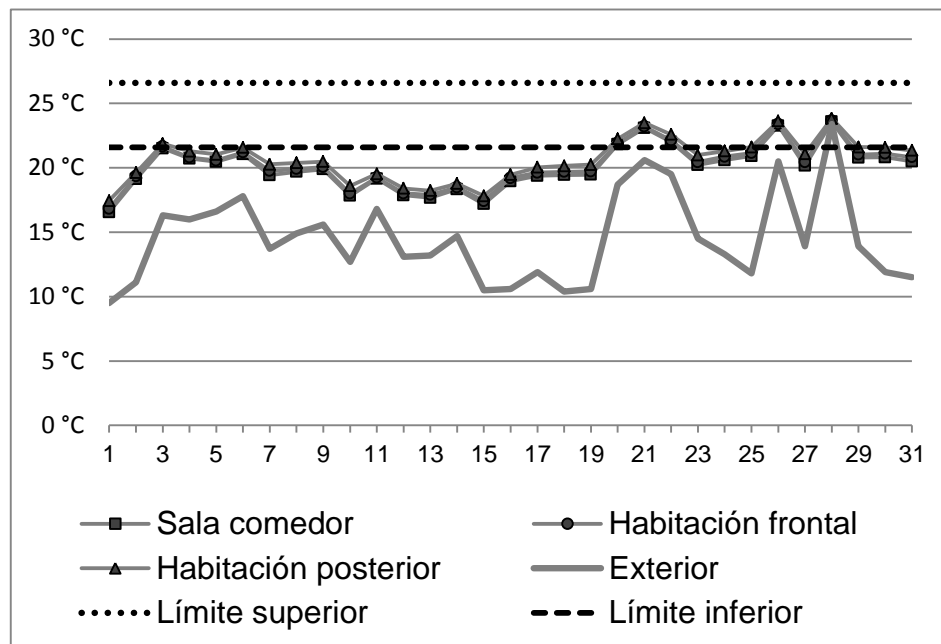
Gráfica 23: Gráfica 24: Comparativa de temperatura media, prototipo noroeste, periodo cálido
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

La gráfica muestra los valores de temperatura media diaria durante el periodo registrado, para los espacios monitoreados y al exterior.

En las tres habitaciones monitoreadas (sala - comedor, recámara frontal y recámara posterior) el valor promedio de temperatura media está dentro del rango de confort térmico calculado para este periodo (de 21.6 °C a 26.6 °C). Durante la segunda semana del mes (momento en el cual las temperaturas se presentaron más bajas) este valor de temperatura media desciende y sale del límite inferior de confort.

Al exterior la temperatura media promedio está, al igual que en los espacios del prototipo de análisis, dentro de la zona de confort térmico. La oscilación térmica, en el exterior, es elevada e irregular, comparada con el interior de los espacios.

Prototipo noroeste - temperatura mínima



Gráfica 25: Gráfica 26: Comparativa de temperatura mínima, prototipo noroeste, periodo cálido
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

En el gráfico se puede apreciar las temperaturas mínimas promedio presentes en el prototipo de análisis. El comportamiento térmico es similar dentro de los tres espacios. Al igual que en el prototipo sureste, la sala comedor presenta la temperatura mínima promedio más baja, en comparación con las otras áreas.

El valor de temperatura mínima promedio, en los espacios analizados, está por debajo de la zona de confort para el mes de mayo. A excepción de varios días, durante la segunda mitad del periodo de registro, la temperatura mínima diaria promedio sale del rango de confort y presenta condiciones de bajo calentamiento.

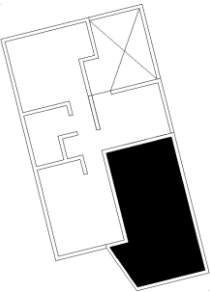
Al exterior, el valor de temperatura mínima promedio está siempre en condiciones de bajo calentamiento.

5.3 Evaluación del comportamiento térmico de los casos de estudio

Con base en los datos obtenidos en el monitoreo térmico de los espacios (durante la temporada fría del año) y en la simulación digital (correspondiente al periodo cálido en la localidad), se evalúa su desempeño. Para realizar dicha evaluación, se compararán los datos obtenidos con los parámetros de confort establecidos durante el análisis bioclimático y así determinar si el desempeño de los prototipos estudiados es adecuado o inadecuado y en qué magnitud. De este capítulo surgen los parámetros para establecer las recomendaciones finales, con el fin de mejorar los valores de temperatura y oscilación térmica en los espacios analizados.

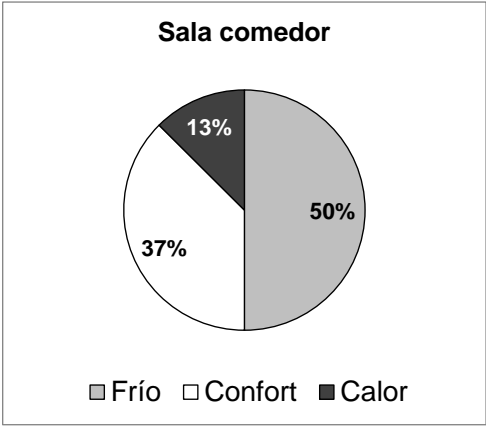
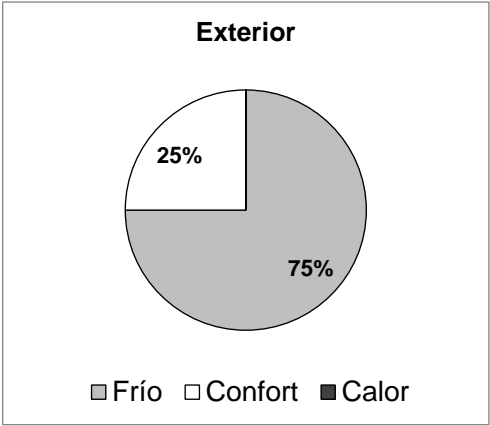
5.3.1 Temporada fría

Prototipo sureste - sala comedor



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.	
Exterior	14.1	13.5	12.9	12.4	12.0	11.5	11.0	10.6	10.5	12.5	15.9	18.3	19.4	20.3	20.4	20.7	20.6	19.8	18.6	17.3	16.3	15.7	15.2	15.0	15.6	
									-								+	Oscilación diaria								10.2
Sala comedor	18.5	18.0	17.5	17.1	16.8	16.3	16.0	15.6	15.6	17.1	18.4	20.1	21.4	22.9	24.0	24.9	24.9	24.4	22.6	21.2	20.5	20.0	19.4	19.0	19.7	
								-								+	Oscilación diaria								9.3	

Tabla 9: Diferencia entre temperatura al exterior y en la sala-comedor, prototipo sureste, temporada fría
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 27: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, sala comedor, prototipo sureste, temporada fría
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 15.6 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 25%
- Hora más fría: 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 10.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 75 %
- Hora más cálida: 15:00 horas.
- Temperatura más alta: 20.7 °C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 10.2 K.

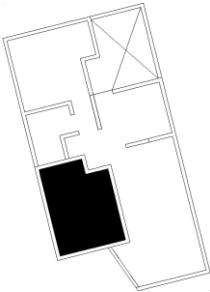
Sala comedor – promedio diario

- Temperatura media promedio: 19.7 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 37 %
- Hora más fría: 7:00 / 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 15.6 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 50 %
- Hora más cálida: 15:00 / 16:00 horas
- Temperatura más alta: 24.9 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 13 %
- Oscilación diaria promedio: 9.3 K.

La diferencia entre la temperatura media interior y la exterior es de 4.1 K, entre los valores máximos promedio es de 5.1 K y entre los mínimos promedio de temperatura es de 4.2 K. En promedio, la diferencia de temperatura entre el interior y le exterior es de 4.5 K, aproximadamente. Esta relación es, más o menos, estable. La oscilación térmica entre el interior y el exterior no varía demasiado. El valor de oscilación al interior es de 9.3 K y al exterior de 10.2 K (una diferencia de 0.9 K). Los momentos extremos de temperatura (la hora más fría y la hora más cálida), se presentan al mismo tiempo en el espacio y al exterior de éste. En la sala comedor, dichos momentos extremos tienen una duración de dos horas, mientras que al exterior sólo duran una hora.

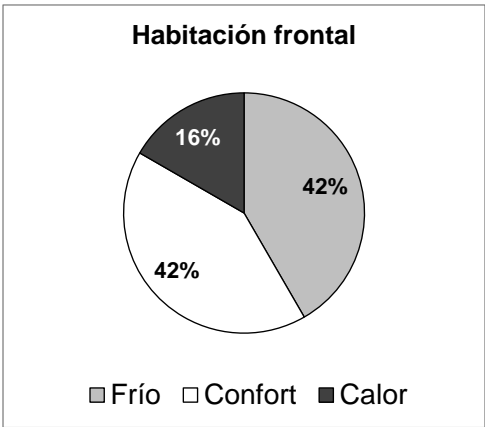
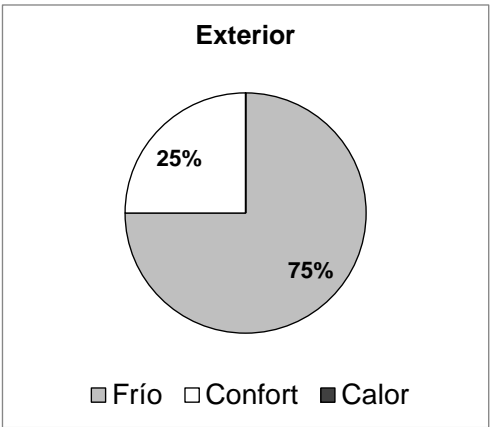
El desarrollo térmico del espacio es similar al presente en el exterior del mismo. La diferencia entre valores de temperatura es más o menos estable a lo largo del día y el valor de oscilación térmica no varía lo suficiente. De lo anterior se deduce que el espacio no tiene un comportamiento térmico adecuado, puesto que no estabiliza las condiciones de temperatura al interior del mismo. La ventaja con la que cuenta este espacio es su orientación, lo que permite que exista cierto confort térmico al interior, mientras existan ganancias de calor por radiación directa del sol. Los defectos del espacio, es que no existe una forma de almacenar calor ni un aislamiento adecuado del espacio contra las condiciones exteriores.

Prototipo sureste - habitación frontal



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.		
Exterior	14.1	13.5	12.9	12.4	12.0	11.5	11.0	10.6	10.5	12.5	15.9	18.3	19.4	20.3	20.4	20.7	20.6	19.8	18.6	17.3	16.3	15.7	15.2	15.0	15.6		
									-									+	Oscilación diaria								10.2
Habitación frontal	18.8	18.4	18.0	17.7	17.3	16.9	16.6	16.3	16.3	17.5	19.6	22.4	23.9	25.7	26.4	26.4	25.5	23.6	22.1	21.0	20.4	20.0	19.6	19.2	20.4		
								-								+	Oscilación diaria							10.1			

Tabla 10: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación frontal, prototipo sureste, temporada fría
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 28: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación frontal, prototipo sureste, temporada fría
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 15.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 25%
- Hora más fría: 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 10.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 75 %
- Hora más cálida: 15:00 horas.
- Temperatura más alta: 20.7 °C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 10.2 K.

Habitación frontal – promedio diario

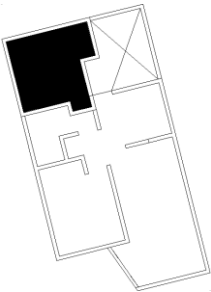
- Temperatura media promedio: 20.4 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 42 %
- Hora más fría: 7:00 / 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 16.3 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 42 %
- Hora más cálida: 14:00 / 15:00 horas
- Temperatura más alta: 26.4 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 16 %
- Oscilación diaria promedio: 10.1 K.

La diferencia promedio, entre la temperatura exterior y la interior, es de 5.43 K, teniendo la habitación frontal una temperatura superior a la exterior. Esta diferencia es relativamente estable a lo largo del día, teniendo una diferencia entre máximas de 5.7 K, entre mínimas de 5.8 K y entre los valores medios de 4.8 K. La temperatura más baja se presenta, al exterior, a las 8:00 horas y al interior desde las 7:00 horas. En el caso del espacio interior, dicha temperatura se extiende hasta las 8:00. En el caso de l valor máximo promedio de temperatura, en la habitación, también se presenta una hora antes que al exterior (14:00 y 15:00 horas respectivamente) y de igual forma su duración se extiende por una hora más (15:00 horas). La oscilación diaria promedio es casi idéntica al interior y al exterior. Al exterior la oscilación térmica es de 10.2 K y en el interior del espacio es de 10.1 K.

Al igual que sucede en la sala comedor, el comportamiento térmico del espacio es similar al interior y al exterior del espacio. La oscilación térmica en la habitación frontal es prácticamente la misma al exterior del mismo, por lo que la variación de temperatura es tan desfavorable al interior como al exterior. Al ser, la habitación frontal, un espacio de dimensiones pequeñas y al estar orientado hacia el sur, tiende a calentarse rápidamente, con lo que presenta problemas de sobrecalentamiento durante el día.

La temperatura media promedio se encuentra en el rango de confort aceptable (19.2 °C – 24.2 °C). Es necesario controlar los descensos en la temperatura mediante un aislamiento en el espacio y, probablemente, mediante la inercia térmica de los materiales. Para controlar los picos máximos de temperatura, es necesario controlar las ganancias de calor directas durante los momentos de sobrecalentamiento.

Prototipo sureste - habitación posterior



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.		
Exterior	14.1	13.5	12.9	12.4	12.0	11.5	11.0	10.6	10.5	12.5	15.9	18.3	19.4	20.3	20.4	20.7	20.6	19.8	18.6	17.3	16.3	15.7	15.2	15.0	15.6		
									-									+	Oscilación diaria								10.2
Habitación posterior	16.5	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.5	14.2	14.0	14.1	14.4	15.1	15.7	16.4	17.2	17.9	18.5	18.6	18.4	18.1	17.7	17.5	17.2	16.8	16.3		
									-									+	Oscilación diaria								4.6

Tabla 11: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación posterior, prototipo sureste, temporada fría
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 29: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación posterior, prototipo sureste, temporada fría
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

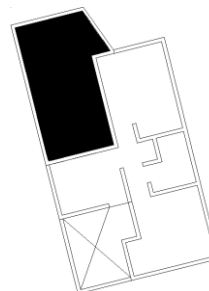
Exterior – promedio diario	Habitación posterior – promedio diario
<ul style="list-style-type: none">• Temperatura media promedio: 15.6°C.• Temperatura media se encuentra en confort: No• Porcentaje del día en confort: 25%• Hora más fría: 8:00 horas.• Temperatura más baja: 10.5 °C.• Porcentaje del día con bajo calentamiento: 75 %• Hora más cálida: 15:00 horas.• Temperatura más alta: 20.7 °C.• Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %• Oscilación diaria promedio: 10.2 K.	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura media promedio: 16.3 °C.• Temperatura media se encuentra en confort: No• Porcentaje del día en confort: 0 %• Hora más fría: 8:00 horas.• Temperatura más baja: 14.0 °C.• Porcentaje del día con bajo calentamiento: 100 %• Hora más cálida: 17:00 horas• Temperatura más alta: 18.6 °C• Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %• Oscilación diaria promedio: 4.6 K.

La habitación posterior es el espacio más desfavorable, dentro del prototipo sureste. Cuenta con los valores de temperatura más bajos y ,en el caso de la temperatura máxima promedio, estando por debajo del valor exterior de temperatura.

La temperatura media se encuentra fuera de confort con un promedio de 16.3 °C (0.7 K por encima del valor exterior). La temperatura mínima promedio se encuentra 3.5 K por encima del valor exterior. En cuanto a la temperatura máxima promedio, se sitúa por debajo de la presente al exterior por 2.1 K.

La habitación posterior se encuentra siempre con requerimientos de calentamiento, aún durante las horas más cálidas del día debido a que no hay ganancias directas de calor. Es decir, este espacio requiere de ganancias de calor para mejorar las condiciones al interior del mismo.

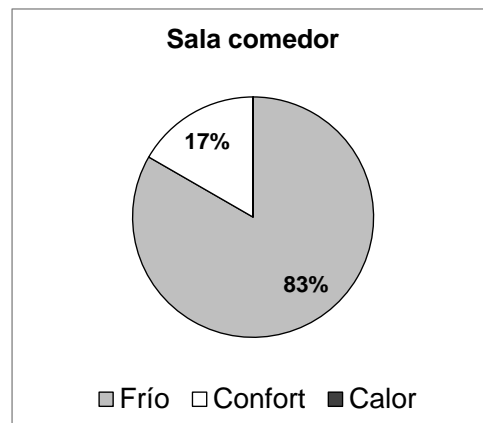
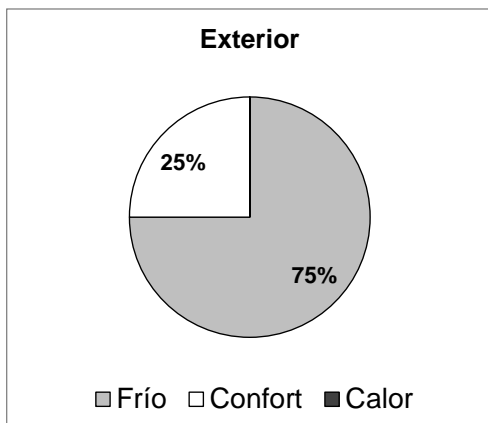
Prototipo noroeste - sala comedor



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.		
Exterior	14.1	13.5	12.9	12.4	12.0	11.5	11.0	10.6	10.5	12.5	15.9	18.3	19.4	20.3	20.4	20.7	20.6	19.8	18.6	17.3	16.3	15.7	15.2	15.0	15.6		
									-									+									
	Oscilación diaria																									10.2	
Sala comedor	16.4	16.0	15.6	15.2	14.8	14.5	14.1	13.8	13.6	13.7	14.2	15.3	16.6	17.8	18.9	19.9	20.2	20.0	19.3	18.7	18.2	17.8	17.3	16.8	16.6		
									-									+									
	Oscilación diaria																									6.6	

Tabla 12: Diferencia entre temperatura al exterior y en sala-comedor, prototipo noroeste, temporada fría

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 30: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, sala-comedor, prototipo noroeste, temporada fría

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 15.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 25%
- Hora más fría: 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 10.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 75 %
- Hora más cálida: 15:00 horas.
- Temperatura más alta: 20.7 °C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 10.2 K.

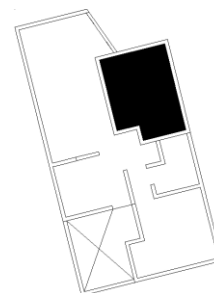
Habitación posterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 16.6 °C
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 17 %
- Hora más fría: 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 13.6 °C
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 83 %
- Hora más cálida: 16:00
- Temperatura más alta: 20.2 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 6.6 K.

Entre la temperatura media promedio interior y la exterior existe 1 K de diferencia, situándose el registro interior por encima del exterior. La temperatura mínima promedio tiene un valor mayor en el registro interior, por una diferencia de 3.1 K. En cuanto al valor máximo promedio diario, el valor de temperatura interior está por debajo del exterior, por un diferencial de 0.5 K. La diferencia promedio entre el interior de la sala comedor y el exterior, es de 1.5 K. Los momentos extremos de en la temperatura se presentan a la misma hora, en el exterior y en el interior. El espacio en cuestión presenta un comportamiento térmico ligeramente más estable, comparado con las condiciones al exterior. Sin embargo, los valores de temperatura al interior no resultan favorables.

La temperatura media de la sala comedor está por debajo del rango de confort, presentándose un porcentaje menor de confort comparado con el exterior (17% y 25%, respectivamente). Dicho espacio presenta requerimientos de calentamiento durante 83% del día, en la temporada invernal. La orientación del espacio resulta desfavorable (norte – noroeste) puesto que no tiene ganancias de calor por radiación directa.

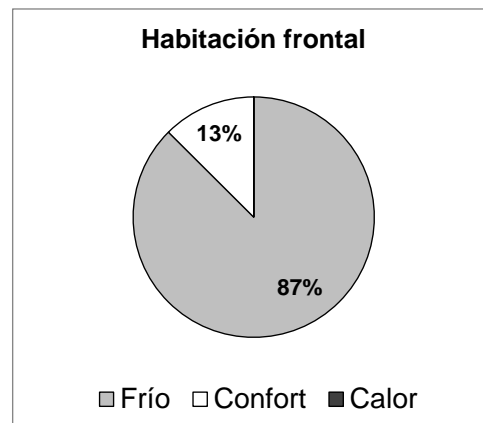
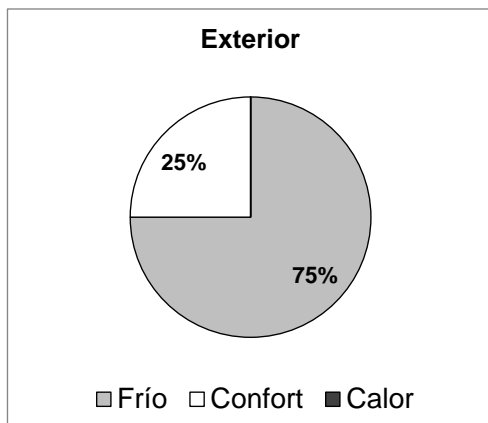
Prototipo noroeste - habitación frontal



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom			
Exterior	14.1	13.5	12.9	12.4	12.0	11.5	11.0	10.6	10.5	12.5	15.9	18.3	19.4	20.3	20.4	20.7	20.6	19.8	18.6	17.3	16.3	15.7	15.2	15.0	15.6			
									-									+									Oscilación diaria	10.2
Habitación frontal	16.4	16.0	15.6	15.3	14.9	14.6	14.3	13.9	13.8	14.1	14.5	15.4	16.5	17.5	18.4	19.2	19.5	19.5	19.0	18.3	17.8	17.5	17.1	16.7	16.5			
									-									+									Oscilación diaria	5.7

Tabla 13: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación frontal, prototipo noroeste, temporada fría

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 31: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación frontal, prototipo noroeste, temporada fría

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 15.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 25%
- Hora más fría: 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 10.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 75 %
- Hora más cálida: 15:00 horas.
- Temperatura más alta: 20.7 °C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 10.2 K.

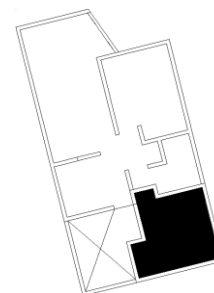
Habitación posterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 16.5 °C
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 13 %
- Hora más fría: 8:00 horas
- Temperatura más baja: 13.8 °C
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 87 %
- Hora más cálida: 16:00 / 17:00 horas.
- Temperatura más alta: 19.5 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 5.7 K.

La diferencia promedio entre la habitación frontal y el exterior equivale a 1.8 K. Entre el valor de temperatura media interior y exterior existe una diferencia de 0.9 K. Entre los valores de temperatura máxima promedio hay una diferencia de 3.2 K y entre los valores mínimos, la diferencia es de 1.2 K. La hora en que se presenta el valor mínimo de temperatura es la misma al exterior y al interior del espacio. En cuanto al momento más cálido del día, en el caso del interior de la habitación frontal, éste se presenta con una hora de retraso, con respecto al exterior, y su duración se extiende durante dos horas. La oscilación térmica en el interior es menor a la presente en el exterior.

La habitación frontal presenta un comportamiento térmico casi idéntico al de la sala comedor. En ambos casos, la temperatura media se encuentra por debajo del límite inferior de confort (19.2 °C) y el desarrollo térmico en el espacio, a lo largo del día, es similar. A lo largo del día existen condiciones de confort sólo en el 13% del tiempo. No hay presencia de sobrecalentamiento en el espacio. El comportamiento térmico del espacio interior resulta tan desfavorable como al exterior del mismo.

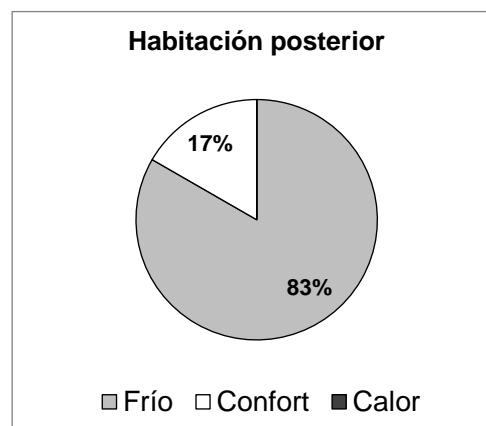
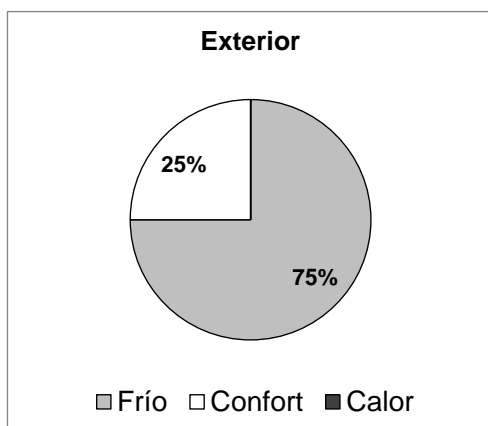
Prototipo noroeste - habitación posterior



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.		
Exterior	14.1	13.5	12.9	12.4	12.0	11.5	11.0	10.6	10.5	12.5	15.9	18.3	19.4	20.3	20.4	20.7	20.6	19.8	18.6	17.3	16.3	15.7	15.2	15.0	15.6		
									-									+									
	Oscilación diaria																									10.2	
Habitación posterior	16.8	16.5	16.2	15.9	15.6	15.3	15.0	14.6	14.5	14.5	15.0	15.8	16.7	17.7	18.7	19.8	20.8	21.0	19.6	18.6	18.2	17.8	17.5	17.1	17.1		
									-									+									
	Oscilación diaria																									6.5	

Tabla 14: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación posterior, prototipo noroeste, temporada fría

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 32: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación posterior, prototipo noroeste, temporada fría

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 15.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 25%
- Hora más fría: 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 10.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 75 %
- Hora más cálida: 15:00 horas.
- Temperatura más alta: 20.7 °C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 10.2 K.

Habitación posterior – promedio diario

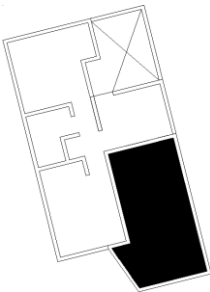
- Temperatura media promedio: 17.1 °C
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 17 %
- Hora más fría: 8:00
- Temperatura más baja: 14.5 °C
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 83 %
- Hora más cálida: 17:00 horas
- Temperatura más alta: 21.0 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 6.5 K.

Entre el exterior y el interior de la habitación posterior, existe una diferencia en temperatura media promedio de 1.5 K. La diferencia entre el valor máximo promedio de temperatura es de 0.3 K por encima del valor exterior. En cuanto al promedio de temperatura mínima diaria, la diferencia es de 3.0 K. La hora más fría se presenta al mismo tiempo en el exterior y el interior del espacio. La hora más fría, en la habitación posterior, se presenta dos horas después que al exterior. La oscilación térmica es menor en la habitación posterior que en el exterior.

La habitación posterior tiene un comportamiento térmico similar al presente en la sala comedor y habitación frontal, aunque presenta valores de temperatura más altos durante las tardes. El valor promedio de temperatura media es bajo, por lo que el espacio tiene requerimiento de calentamiento durante el 83 % del tiempo. Durante las tardes, y debido a la orientación poniente de la habitación posterior, la temperatura llega a sobrepasar el límite superior de confort.

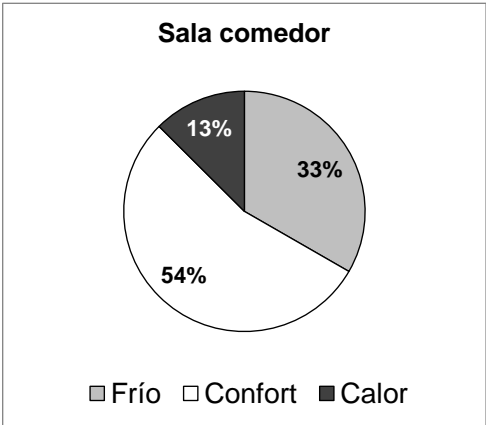
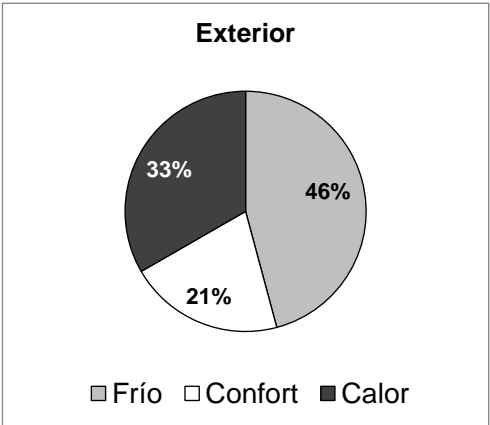
5.3.2 Temporada cálida

Prototipo sureste - sala comedor



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.	
Exterior	14.1	13.5	12.9	12.4	12.0	11.5	11.0	10.6	10.5	12.5	15.9	18.3	19.4	20.3	20.4	20.7	20.6	19.8	18.6	17.3	16.3	15.7	15.2	15.0	15.6	
									-							+									Oscilación diaria	10.2
Sala comedor	18.5	18.0	17.5	17.1	16.8	16.3	16.0	15.6	15.6	17.1	18.4	20.1	21.4	22.9	24.0	24.9	24.9	24.4	22.6	21.2	20.5	20.0	19.4	19.0	19.7	
								-								+									Oscilación diaria	9.3

Tabla 15: Diferencia entre temperatura al exterior y en sala-comedor, prototipo sureste, temporada cálida
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 33: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, sala-comedor, prototipo sureste, temporada cálida
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 22.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 21%
- Hora más fría: 6:00 horas.
- Temperatura más baja: 14.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 46 %
- Hora más cálida: 16:00 horas.
- Temperatura más alta: 35.5°C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 33 %
- Oscilación diaria promedio: 16 K.

Sala comedor – promedio diario

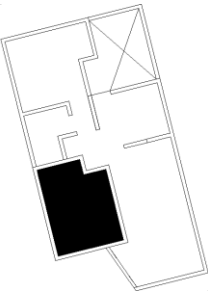
- Temperatura media promedio: 23.4 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 54 %
- Hora más fría: 7:00 horas.
- Temperatura más baja: 20.1 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 33 %
- Hora más cálida: 17:00 horas
- Temperatura más alta: 27.2 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 13 %
- Oscilación diaria promedio: 7.1 K.

La diferencia entre la temperatura media interior y la exterior es de 0.8 K, entre los valores máximos promedio es de 8.3 K y entre los mínimos promedio de temperatura es de 5.6 K. La oscilación térmica entre el interior y el exterior tiene una variación notable, siendo más estable en el interior del espacio. El valor de oscilación al interior es de 7.1 K y al exterior de 16 K. Los momentos extremos de temperatura (la hora más fría y la hora más cálida), se presentan una hora después en el área, en relación con el exterior.

Al interior del espacio, las condiciones de temperatura se presentan más estables que al exterior. Los momentos extremos en la temperatura se dan, al interior, después que al exterior (con una hora de diferencia). En el interior del espacio en cuestión, los momentos de bajo calentamiento tienen una duración menor que en el exterior. El periodo de sobrecalentamiento en el día reduce, también, su duración con respecto al exterior y de forma considerable.

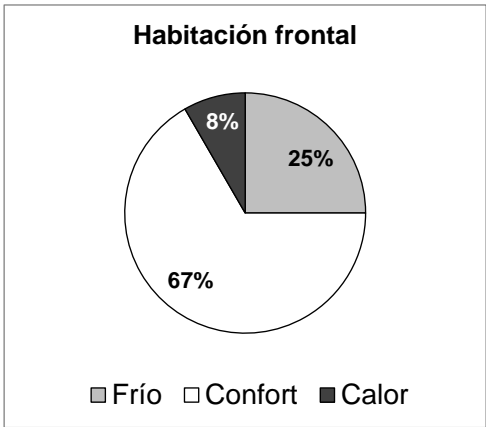
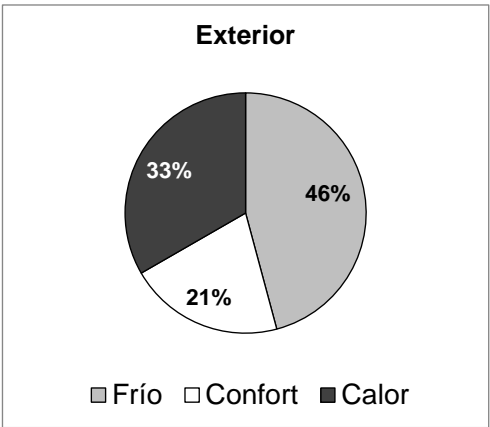
El espacio presentó un comportamiento térmico adecuado, logrando amortiguar y estabilizar las condiciones de temperatura que se presentan al exterior del mismo.

Prototipo sureste - habitación frontal



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.
Exterior	19.4	18.4	17.2	16.1	15.5	14.9	14.5	15.2	18.0	20.7	23.1	25.1	26.9	28.4	29.6	30.3	30.5	30.0	28.8	27.1	25.2	23.8	22.4	21.0	22.6
							-											+						Oscilación diaria	16.0
Habitación frontal	23.0	22.6	22.2	21.8	21.4	21.0	20.7	20.5	20.6	21.1	21.8	22.6	23.5	24.4	25.3	26.0	26.6	26.8	26.7	26.3	25.6	24.9	24.2	23.7	23.5
							-											+						Oscilación diaria	6.3

Tabla 16: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación frontal, prototipo sureste, temporada cálida
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 34: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación frontal, prototipo sureste, temporada cálida
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 22.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 21%
- Hora más fría: 6:00 horas.
- Temperatura más baja: 14.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 46 %
- Hora más cálida: 16:00 horas.
- Temperatura más alta: 30.5 °C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 33 %
- Oscilación diaria promedio: 16 K.

Habitación frontal – promedio diario

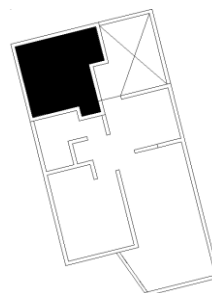
- Temperatura media promedio: 23.5 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 67 %
- Hora más fría: 7:00 horas.
- Temperatura más baja: 20.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 25 %
- Hora más cálida: 17:00 horas
- Temperatura más alta: 26.8 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 8 %
- Oscilación diaria promedio: 6.3 K.

Se tiene una diferencia entre máximas de 3.7 K, entre mínimas de 6.0 K y entre los valores medios de 0.9 K. La temperatura más baja se presenta, al exterior, a las 6:00 horas y al interior desde las 7:00 horas. En el caso del valor máximo promedio de temperatura, en la habitación, también se presenta una hora después que al exterior (16:00 y 17:00 horas respectivamente). La oscilación diaria promedio se estabiliza considerablemente al interior del espacio, con relación al exterior del mismo. Al exterior la oscilación térmica es de 22.6 K y en el interior del espacio es de 6.3 K.

Al igual que sucede en la sala comedor, el comportamiento térmico del espacio se muestra adecuado para este proyecto. La oscilación térmica diaria promedio se ve estabilizada considerablemente al interior del espacio en cuestión (habitación frontal). Las horas de confort térmico se extienden (en comparación con la sala comedor) y disminuye el tiempo de duración de los momentos de bajo y sobrecalentamiento a lo largo del día.

La temperatura media promedio se encuentra en el rango de confort aceptable (21.6 °C – 26.6 °C). Es necesario controlar los descensos en la temperatura mediante un aislamiento en el espacio y, probablemente, mediante la inercia térmica de los materiales. Para controlar los picos máximos de temperatura, es necesario controlar las ganancias de calor directas durante los momentos de sobrecalentamiento.

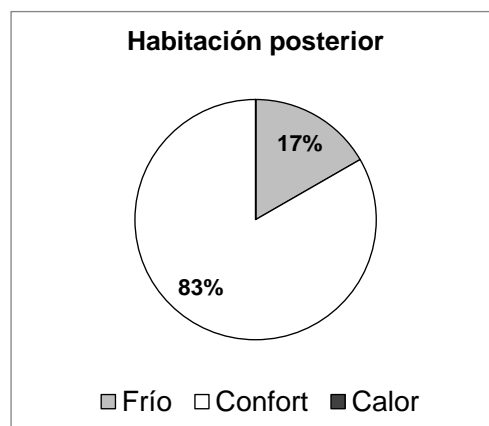
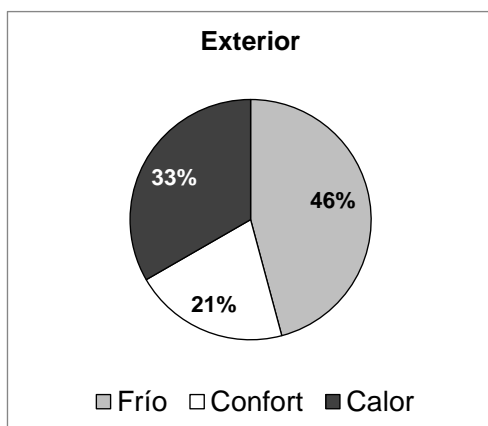
Prototipo sureste - habitación posterior



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.
Exterior	19.4	18.4	17.2	16.1	15.5	14.9	14.5	15.2	18.0	20.7	23.1	25.1	26.9	28.4	29.6	30.3	30.5	30.0	28.8	27.1	25.2	23.8	22.4	21.0	22.6
							-											+						Oscilación diaria	16.0
Habitación posterior	23.1	22.7	22.4	22.0	21.6	21.3	21.0	20.8	21.2	21.8	22.5	23.2	23.8	24.5	25.2	25.9	26.4	26.6	26.5	26.1	25.6	24.9	24.2	23.8	23.6
							-											+						Oscilación diaria	5.8

Tabla 17: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación posterior, prototipo sureste, temporada cálida

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 35: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación posterior, prototipo sureste, temporada cálida

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 22.6 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 21%
- Hora más fría: 6:00 horas.
- Temperatura más baja: 14.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 46 %
- Hora más cálida: 16:00 horas.
- Temperatura más alta: 30.5 °C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 33 %
- Oscilación diaria promedio: 16 K.

Habitación posterior – promedio diario

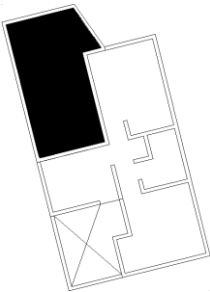
- Temperatura media promedio: 23.6 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 83 %
- Hora más fría: 7:00 horas.
- Temperatura más baja: 20.8 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 17 %
- Hora más cálida: 17:00 horas
- Temperatura más alta: 26.6 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 5.8 K.

Al contrario de lo que sucede durante el periodo más frío del año, la habitación posterior se presenta como el espacio más favorable durante el mes más cálido. En promedio, presenta un tiempo mucho mayor de confort en comparación con los otros espacios, y disminuyen considerablemente las horas de frío y calor al interior del espacio. Al igual que en los otros espacios del prototipo (sala comedor y habitación frontal) los momentos extremos del día se presentan una hora después que al exterior.

La temperatura media se encuentra en confort con un promedio de 23.6°C (1.0 K por encima del valor exterior). La temperatura mínima promedio se encuentra 6.5 K por encima del valor exterior. En cuanto a la temperatura máxima promedio, se sitúa por debajo de la presente al exterior por 3.9 K.

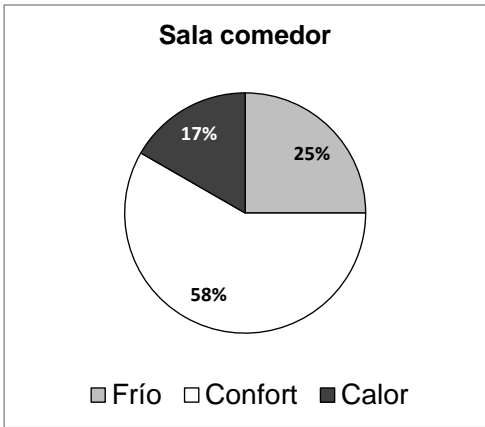
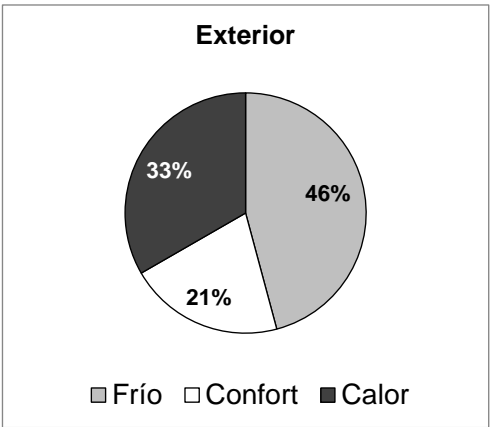
Es necesario destacar que, aunque en los promedios horarios no aparecen horas con sobrecalentamiento, los valores individuales de dichos valores de temperatura si sobrepasan el límite superior de confort durante los días más cálidos del mes.

Prototipo noroeste - sala comedor



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.
Exterior	19.4	18.4	17.2	16.1	15.5	14.9	14.5	15.2	18.0	20.7	23.1	25.1	26.9	28.4	29.6	30.3	30.5	30.0	28.8	27.1	25.2	23.8	22.4	21.0	22.6
	-							+																Oscilación diaria	16.0
Sala comedor	23.2	22.7	22.2	21.7	21.2	20.8	20.3	20.1	20.3	20.9	21.8	22.6	23.4	24.3	25.2	26.0	26.7	27.1	27.1	26.8	26.0	25.2	24.5	24.0	23.5
							-											+						Oscilación diaria	7.1

Tabla 18: Diferencia entre temperatura al exterior y en sala-comedor, prototipo noroeste, temporada cálida
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 36: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, sala-comedor, prototipo noroeste, temporada cálida
Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 22.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 21%
- Hora más fría: 6:00 horas.
- Temperatura más baja: 14.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 46 %
- Hora más cálida: 16:00 horas.
- Temperatura más alta: 35.5°C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 33 %
- Oscilación diaria promedio: 16 K.

Sala comedor – promedio diario

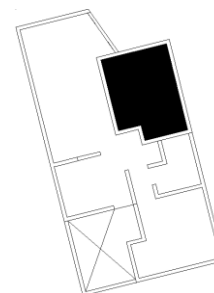
- Temperatura media promedio: 23.5 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 58 %
- Hora más fría: 7:00 horas.
- Temperatura más baja: 20.1 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 25 %
- Hora más cálida: 17:00 horas
- Temperatura más alta: 27.1 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 17 %
- Oscilación diaria promedio: 7.1 K.

Entre la temperatura media promedio interior y la exterior existe 0.9 K de diferencia, situándose el registro interior por encima del exterior. La temperatura mínima promedio tiene un valor mayor en el registro interior, con una diferencia de 5.6 K. En cuanto al valor máximo promedio diario, el valor de temperatura interior está por debajo del exterior, por 8.4 K. Los momentos extremos en la temperatura se dan una hora después al interior del espacio, en relación con el exterior.

La temperatura media de la sala comedor se encuentra dentro del rango de confort, y hay un porcentaje mayor de confort al interior de dicho espacio, comparado con el exterior. Dicho espacio presenta requerimientos de calentamiento durante 25% del día, en el periodo cálido del año. A pesar de que la orientación del espacio es desfavorable (nor-noroeste), el comportamiento térmico del mismo es muy similar al del espacio homónimo (sala comedor) del prototipo sureste.

El comportamiento térmico de este espacio es adecuado, a pesar de tener deficiencias. La cantidad de horas de bajo calentamiento y de sobrecalentamiento disminuyen, con relación al exterior, y el tiempo de confort es, por lo tanto, mayor en dicho espacio.

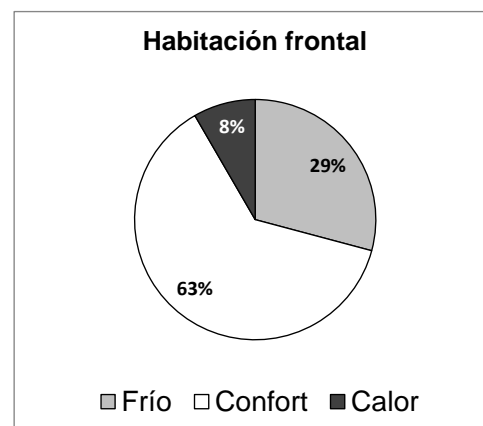
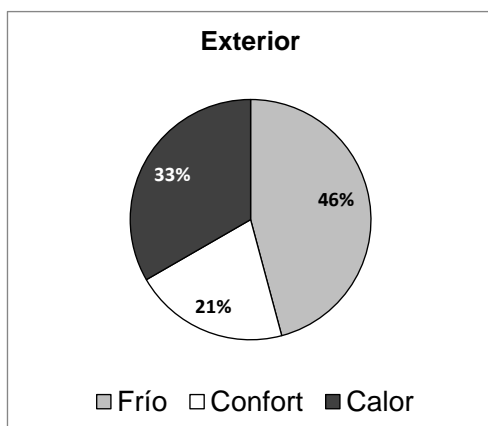
Prototipo noroeste - habitación frontal



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.
Exterior	19.4	18.4	17.2	16.1	15.5	14.9	14.5	15.2	18.0	20.7	23.1	25.1	26.9	28.4	29.6	30.3	30.5	30.0	28.8	27.1	25.2	23.8	22.4	21.0	22.6
	-							+																Oscilación diaria	16.0
Habitación frontal	23.2	22.8	22.3	21.8	21.4	20.9	20.5	20.3	20.4	20.8	21.5	22.2	23.1	24.1	25.0	25.8	26.5	26.9	26.9	26.5	25.9	25.2	24.5	24.0	23.4
							-											+						Oscilación diaria	6.6

Tabla 19: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación frontal, prototipo noroeste, temporada cálida

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 37: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación frontal, prototipo noroeste, temporada cálida

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 22.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 21%
- Hora más fría: 6:00 horas.
- Temperatura más baja: 14.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 46 %
- Hora más cálida: 16:00 horas.
- Temperatura más alta: 35.5°C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 33 %
- Oscilación diaria promedio: 16 K.

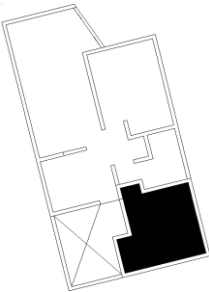
Sala comedor – promedio diario

- Temperatura media promedio: 23.4 °C.
- Temperatura media se encuentra en confort: Si
- Porcentaje del día en confort: 63%
- Hora más fría: 7:00 horas.
- Temperatura más baja: 20.3 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 29 %
- Hora más cálida: 17:00 / 18:00 horas
- Temperatura más alta: 26.9 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 8 %
- Oscilación diaria promedio: 6.6 K.

Entre el valor de temperatura media interior y exterior existe una diferencia de 0.8 K. Entre los valores de temperatura máxima promedio hay una diferencia de 8.6 K y entre los valores mínimos, la diferencia es de 5.8 K. La hora en que se presenta el valor mínimo de temperatura es la misma al exterior y al interior del espacio. Los momentos extremos del día se ven retrasados por una hora al interior del espacio. La oscilación térmica en el interior es menor a la existente en el exterior por 9.4 K.

La habitación frontal tiene una temperatura media diaria que se encuentra dentro del rango de confort establecido para el mes de mayo (21.6 - 26.6 °C). El porcentaje de confort al interior del mencionado espacio es mayor que el porcentaje en condiciones de incomodidad, 63 % de confort contra 37 % (8% de sobre calentamiento y 29 % de bajo calentamiento) La oscilación térmica en dicho espacio es considerablemente menor que al exterior del mismo, es decir, las condiciones de temperatura al interior del espacio son más estables que al exterior.

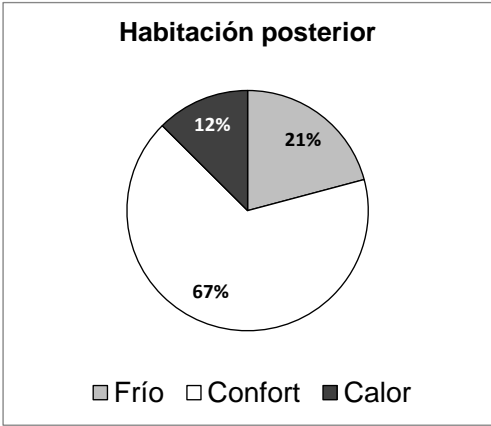
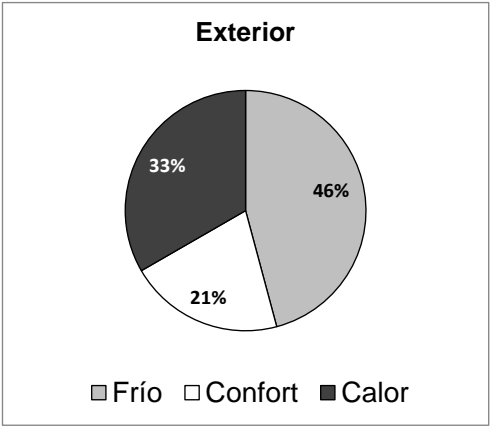
Prototipo noroeste - habitación posterior



	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Prom.
Exterior	19.4	18.4	17.2	16.1	15.5	14.9	14.5	15.2	18.0	20.7	23.1	25.1	26.9	28.4	29.6	30.3	30.5	30.0	28.8	27.1	25.2	23.8	22.4	21.0	22.6
							-													+	Oscilación diaria				16.0
Habitación posterior	23.2	22.8	22.4	22.0	21.6	21.3	20.9	20.7	20.7	21.1	21.7	22.4	23.2	24.1	25.0	25.9	26.7	27.0	26.8	26.3	25.7	25.0	24.3	23.8	23.5
							-													+	Oscilación diaria				6.3

Tabla 20: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación posterior, prototipo noroeste, temporada cálida

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación



Gráfica 38: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación posterior, prototipo noroeste, temporada cálida

Fuente: Desarrollada por el autor de la investigación

Exterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 15.6°C.
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 25%
- Hora más fría: 8:00 horas.
- Temperatura más baja: 10.5 °C.
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 75 %
- Hora más cálida: 15:00 horas.
- Temperatura más alta: 20.7 °C.
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 10.2 K.

Habitación posterior – promedio diario

- Temperatura media promedio: 17.1 °C
- Temperatura media se encuentra en confort: No
- Porcentaje del día en confort: 17 %
- Hora más fría: 8:00
- Temperatura más baja: 14.5 °C
- Porcentaje del día con bajo calentamiento: 83 %
- Hora más cálida: 17:00 horas
- Temperatura más alta: 21.0 °C
- Porcentaje del día con sobre calentamiento: 0 %
- Oscilación diaria promedio: 6.5 K.

Entre el exterior y el interior de la habitación posterior, existe una diferencia en temperatura media promedio de 1.5 K. La diferencia entre el valor máximo promedio de temperatura es de 0.3 K por encima del valor exterior. En cuanto al promedio de temperatura mínima diaria, la diferencia es de 3.0 K. La hora más fría se presenta al mismo tiempo en el exterior y el interior del espacio. La hora más fría, en la habitación posterior, se presenta dos horas después que al exterior. La oscilación térmica es menor en la habitación posterior que en el exterior.

La habitación posterior tiene un comportamiento térmico similar al presente en la sala comedor y habitación frontal, aunque presenta valores de temperatura más altos durante las tardes. El valor promedio de temperatura media es bajo, por lo que el espacio tiene requerimiento de calentamiento durante el 83 % del tiempo. Durante las tardes, y debido a la orientación poniente de la habitación posterior, la temperatura llega a sobrepasar el límite superior de confort.

Evaluación prototipo sureste

El prototipo sureste presentó algunos problemas en su comportamiento térmico, durante la temporada invernal. Los dos espacios con orientación sur – sureste estuvieron la mitad del tiempo, aproximadamente, en condiciones de bajo calentamiento. Durante las horas más cálidas del día hubo condiciones de sobrecalentamiento en los dos espacios, en particular durante el segundo periodo de monitoreo, cuando se presentó un aumento en la temperatura de estos espacios. Además, no hubo un almacenamiento correcto de calor en los materiales para mitigar el frío durante las madrugadas (momento en que se presentan las horas más frías del día). La temperatura media promedio se ubicó dentro de un rango de confort aceptable.

La habitación posterior, que se encuentra orientada hacia el este – noreste presentó una deficiencia elevada. En dicho espacio priman las temperaturas por debajo del límite inferior de confort, con lo que las condiciones predominantes fueron de bajo calentamiento. El espacio no cuenta con una adecuada orientación, por consiguiente, las ganancias solares directas fueron insuficientes. Aún durante la semana cálida del monitoreo los valores de temperatura permanecieron bajos y durante las tardes apenas superaron el umbral inferior de la zona de confort.

En comparación con la temperatura exterior la oscilación térmica, al interior de los espacios, es menor y en el caso de los valores mínimos de temperatura, no descendieron tanto como los del exterior. De los tres espacios monitoreados dentro de este prototipo, la habitación posterior tiene el comportamiento térmico más deficiente.

Las condiciones de temperatura, durante el periodo más cálido, en el prototipo sureste son relativamente estables. Los valores de temperatura media se encuentran, regularmente, dentro de la zona de confort establecida para el mes de mayo (21.6 - 26.6 °C). En cuanto a los valores de temperatura máxima, éstos sobrepasan generalmente el límite superior del rango de confort. El área correspondiente a la sala - comedor es la que tiene la temperatura máxima promedio más elevada, de los tres espacios habitables del prototipo de análisis. La temperatura mínima presente en los espacios del prototipo de análisis, se encuentra de forma constante por debajo del límite inferior de confort térmico (21.6 °C).

Aunque los valores promedio de temperatura media se encuentran dentro de un rango de confort, el prototipo presenta ciertas deficiencias en cuanto a su comportamiento térmico. Durante las tardes existen condiciones de sobrecalentamiento, y en las noches (en particular en las madrugadas) existen condiciones de bajo calentamiento.

En comparación con el exterior, los espacios del prototipo tuvieron un comportamiento térmico más estable, presentando una oscilación térmica menor y valores máximos y mínimos de temperatura más cercanos al rango de confort.

En conclusión, para mejorar las condiciones térmicas al interior de los espacios, es necesario almacenar de forma más eficiente el calor generado durante el día, para liberarlo durante los momentos más fríos de la temporada. Con esto disminuiría aún más la oscilación térmica y se estabilizarían las condiciones de temperatura en los espacios habitables del prototipo de análisis.

Evaluación prototipo noroeste

El comportamiento térmico del prototipo noroeste, bajo las condiciones de la temporada invernal, se mostró deficiente. A diferencia del prototipo sureste, los tres espacios presentaron un comportamiento similar. Aunque en la habitación posterior hubo algunas diferencias, con respecto al área de usos múltiples y a la habitación frontal, éstas fueron mínimas.

En promedio, el 82% del tiempo de monitoreo se presentaron temperaturas por debajo de la zona de confort. Durante el 17% del monitoreo hubo condiciones de confort, y en el 1% restante se presentó un sobrecalentamiento (únicamente en la habitación posterior). Sólo durante las horas más cálidas del día se logró alcanzar una temperatura dentro de confort, y el margen con el que se superó el límite inferior de la zona de confort es muy bajo. Durante el periodo cálido del monitoreo, si se observó un aumento en los valores de temperatura, con lo que los espacios lograron mantenerse en confort térmico por más tiempo, y la temperatura máxima de la recámara posterior sobrepasó el límite superior de confort térmico. A pesar de la diferencia en orientación entre el área de usos múltiples/recámara frontal y la habitación posterior, los tres espacios presentaron un comportamiento térmico similar.

El comportamiento térmico del prototipo noroeste, en la temporada cálida, es adecuado para este tipo de proyecto (vivienda económica). Sin embargo, sí tiene ciertas deficiencias. La temperatura media presente en los espacios del prototipo se encuentra dentro del rango de confort calculado para el mes de mayo (21.6 - 26.6 °C). Los valores de temperaturas máximas y mínimas se encuentran fuera de dicho rango de confort térmico.

Los tres espacios analizados presentan un comportamiento térmico casi idéntico durante el periodo cálido y, a su vez, son muy similares al del prototipo sureste. A diferencia del periodo frío del año, la diferencia entre espacios y entre prototipos es mínima.

En comparación con el exterior, el prototipo de análisis presenta una oscilación térmica menor, y las condiciones de temperatura extrema (tanto máximas como mínimas) se ven mitigadas al interior de los espacios monitoreados.

A pesar de que la oscilación térmica es relativamente estable, se pueden mejorar las condiciones de temperatura al interior mediante la inercia térmica de los materiales.

Capítulo 6 - Conclusiones y recomendaciones

Las viviendas económicas que se analizaron presentan deficiencias en su comportamiento térmico. En general, durante los momentos con temperaturas bajas (madrugadas y mañanas) son espacios fríos y durante las tardes se presentan condiciones de sobrecalentamiento. Se presentan condiciones de confort durante momentos del día y aunque su duración varía de acuerdo con el espacio y su orientación, generalmente dichos momentos de confort térmico son breves. Siendo la orientación un factor fundamental en el comportamiento térmico de las edificaciones, particularmente en invierno, se tiene que el prototipo noroeste (peor orientación) tiene el comportamiento térmico más deficiente.

Es necesario estabilizar las condiciones de temperatura y disminuir la oscilación térmica en los espacios. De forma general, son tres las estrategias que se deben aplicar: generar masividad en elementos constructivos (aislamiento y almacenamiento de calor para estabilizar la oscilación térmica), control solar (para evitar sobrecalentamiento) y captación de calor (disminuir las condiciones de bajo calentamiento en las orientaciones más desfavorables). La aplicación de las estrategias varía de acuerdo con la orientación y las condiciones de cada espacio.

6.1 Recomendaciones

Prototipo sureste

La orientación del espacio correspondiente a la sala-comedor es adecuada. Sin embargo, existen condiciones de sobrecalentamiento en los dos periodos de evaluación. Durante el invierno, es necesaria la aplicación de dispositivos de control solar para limitar las ganancias de calor por radiación directa durante las tardes. Se proponen las siguientes opciones:

- **Partesol (elemento vertical)**

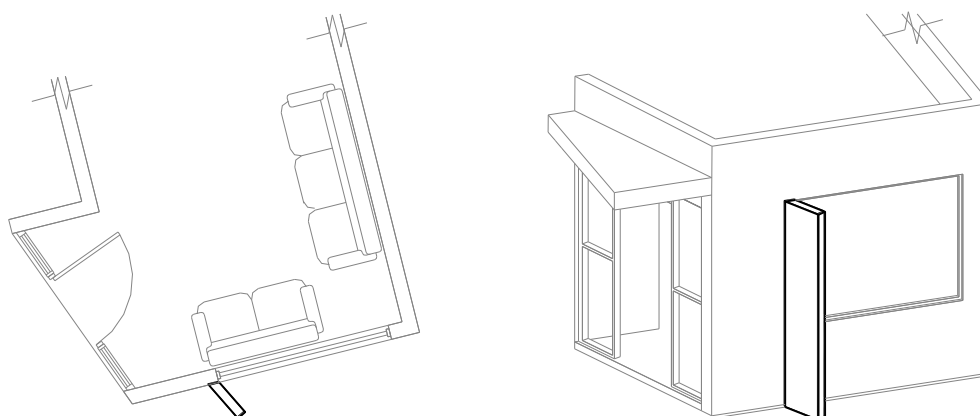


Imagen 17: dispositivo de control solar para sala-comedor (partesol), prototipo sureste

El primer dispositivo propuesto, para control solar, consiste en un elemento vertical de 46 centímetros de ancho y 2.36 metros de alto, orientado a 41° SE. En promedio, los momentos en los que la temperatura excede las condiciones de confort corresponden a las 15, 16 y 17 horas, con 24.9 °C, 24.9 °C y 24.4 °C respectivamente. De acuerdo a cálculo numérico (desarrollado con la metodología de balance térmico), con el empleo de este dispositivo de control, se logra reducir la temperatura interior por 0.8 K, 0.6 K y 0.3 K en las respectivas horas de incomodidad.

Como resultado, la temperatura interior se encuentra en el umbral del límite superior de confort térmico (24.2 °C) con 24.1 °C, 24.3 °C y 24.1 °C, a las 15, 16 y 17 horas, respectivamente.

- **Estor exterior enrollable (elemento de pantalla)**

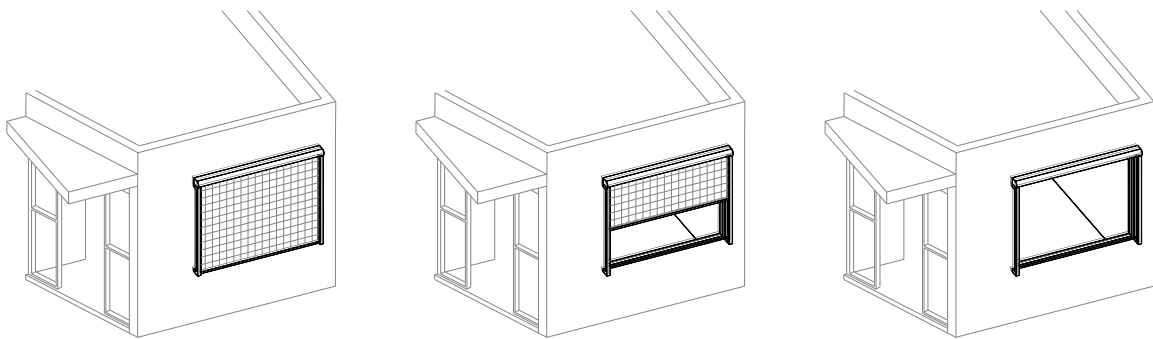


Imagen 18: dispositivo de control solar para sala-comedor (estor enrollable exterior), prototipo sureste

El segundo dispositivo propuesto, para control solar, consiste en un elemento pantalla que cubre la ventana, según conveniencia del usuario, durante los momentos más calientes del día. En promedio, los momentos en los que la temperatura excede las condiciones de confort corresponden a las 15, 16 y 17 horas, con 24.9 °C, 24.9 °C y 24.4 °C respectivamente. De acuerdo a cálculo, bloqueando la radiación solar directa con este dispositivo de control, se logra reducir la temperatura interior por 1.0 K, 0.7 K y 0.3 K en las respectivas horas de incomodidad.

Como resultado, la temperatura interior se encuentra en el umbral del límite superior de confort térmico (24.2 °C) con 23.9 °C, 24.2 °C y 24.1 °C, a las 15, 16 y 17 horas, respectivamente.

Durante la temporada cálida del año, no es necesario el empleo de dispositivos de control solar, debido a que los momentos en los que hay radiación solar directa en el espacio, las ganancias de calor son necesarias.

En cuanto a la habitación frontal, la orientación del espacio es correcta. Sin embargo, y al igual que en la sala-comedor, existen condiciones de sobrecalentamiento en los dos periodos de evaluación. Durante el invierno, es necesaria la aplicación de dispositivos de control solar para limitar las ganancias de calor por radiación directa durante las tardes. Se proponen las siguientes opciones:

- **Marco (combinación de elemento vertical y horizontal)**

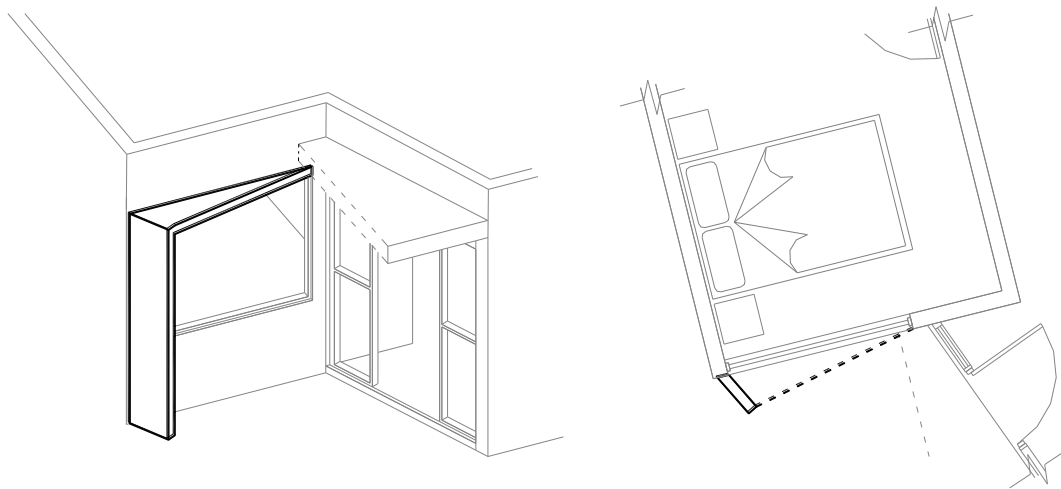


Imagen 19: dispositivo de control solar en habitación frontal (marco), prototipo sureste

El primer dispositivo propuesto, para control solar, consiste en un elemento vertical de 47 centímetros de ancho y 2.36 metros de alto, orientado a 41° SE, combinado con un elemento horizontal en la parte superior orientado a 26° SE. En promedio, los momentos en los que la temperatura excede las condiciones de confort corresponden a las 13, 14, 15, y 16 horas, con 25.7 °C, 26.4 °C, 26.4 °C y 25.5 °C respectivamente.

De acuerdo a cálculo numérico (desarrollado con la metodología de balance térmico), con el empleo de este dispositivo de control, se logra reducir la temperatura interior por 1.7 K, 1.6 K, 1.2 K y 0.6 K en las respectivas horas de incomodidad.

Si bien la temperatura interior baja de forma considerable, aún se encuentra por encima del límite superior de confort térmico (24.2 °C) con 24.0 °C, 24.8 °C, 25.2 °C y 24.9 °C, a las 14, 15 y 16 horas por 0.6 K, 1.0 K y 0.7 K, respectivamente. Sin embargo, se dificulta aumentar las dimensiones de este dispositivo de control solar, ya que obstruiría la ganancia solar directa de la colindancia e impediría el adecuado almacenamiento de calor en el mismo espacio. Este dispositivo de control depende de la generación de masa térmica en azotea para que la temperatura interior resulte confortable.

- **Estor exterior enrollable (elemento de pantalla)**

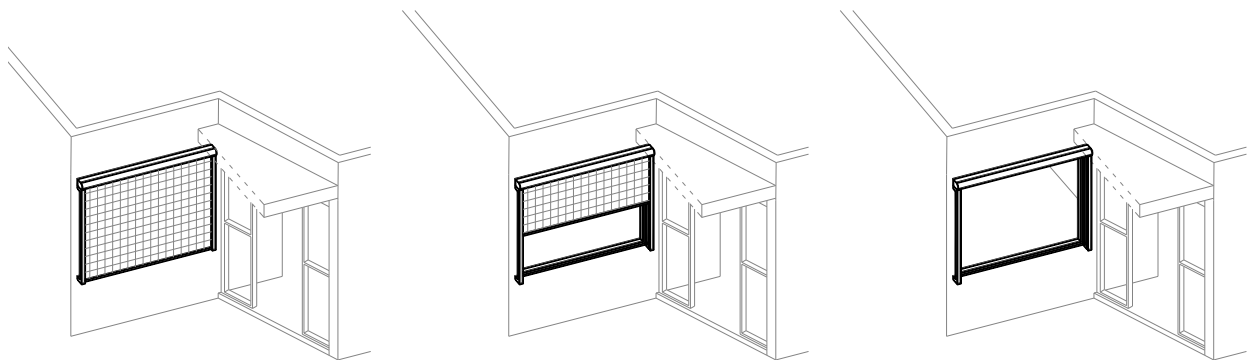


Imagen 20: dispositivo de control solar en habitación frontal (estor enrollable exterior), prototipo sureste

El segundo dispositivo propuesto, para control solar, consiste en un elemento pantalla que cubre la ventana, según conveniencia del usuario, durante los momentos más cálidos del día.

En promedio, los momentos en los que la temperatura excede las condiciones de confort corresponden a las 13, 14, 15 y 16 horas, con 25.7 °C, 26.4 °C, 26.4 °C y 25.5 °C respectivamente. De acuerdo a cálculo, bloqueando la radiación solar directa con este dispositivo de control, se logra reducir la temperatura interior por 3.2 K, 3.3 K, 2.3 K y 1.0 K en las respectivas horas de incomodidad.

Como resultado, la temperatura interior se encuentra en condiciones de confort, con 22.5 °C, 23.1°C, 24.1 y 24.5 °C, a las 13, 14, 15 y 16 horas, respectivamente. A las 16 horas la temperatura excede el límite superior de confort térmico (24.2 °C). Sin embargo, la diferencia es baja (0.3 K), por lo que no se considera significativa.

Durante la temporada cálida no es necesario el empleo de dispositivos adicionales para control solar, debido a que los aportes de calor por radiación solar directa son limitados, y los propuestos para la temporada fría son suficientes.

La habitación posterior, durante la temporada fría, el espacio se encontró siempre en condiciones de bajo calentamiento, debido a que la orientación no es adecuada y la proximidad de elementos arquitectónicos (colindancias incluidas) limitan, o bloquean por completo, la ganancia de calor por radiación solar directa. Las ganancias de calor tendrán que ser de forma indirecta, mediante un colector que caliente el aire en el patio de servicio para que, posteriormente, ingrese al espacio en cuestión. El dispositivo propuesto habrá de funcionar, también, como secador solar de ropa.

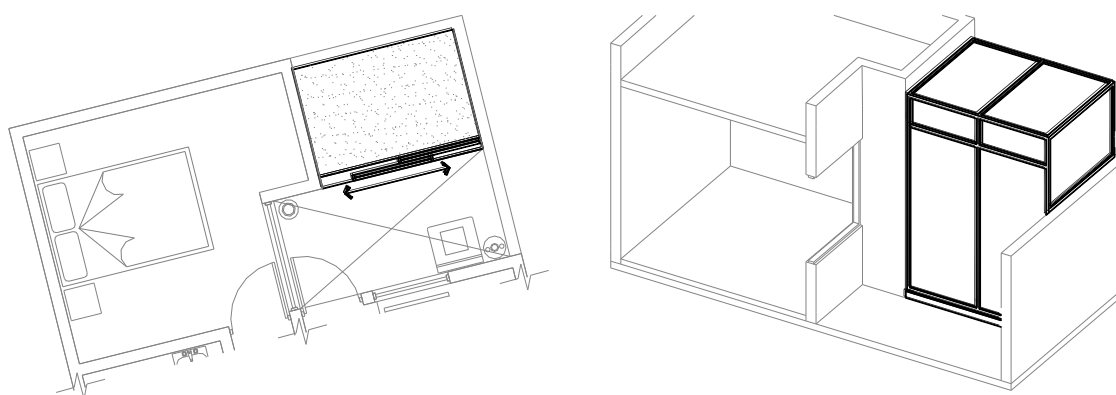


Imagen 21: dispositivo de calefacción para habitación posterior (colector solar), prototipo sureste

El dispositivo propuesto consiste en un elemento (similar a una caseta) de policarbonato, con dimensiones de 2.70 metros de alto, 2.10 metros de largo y 1.65 metros de ancho. La superficie horizontal superior (3.5 m^2) será el principal punto de captación y se encuentra expuesta a radiación solar directa de las 7:00 a las 16:00 horas. Este captador solar está comunicado con la habitación posterior mediante ductos operables en la parte inferior y superior del muro de dicho espacio, permitiendo la generación de una celda convectiva entre el colector y la habitación.

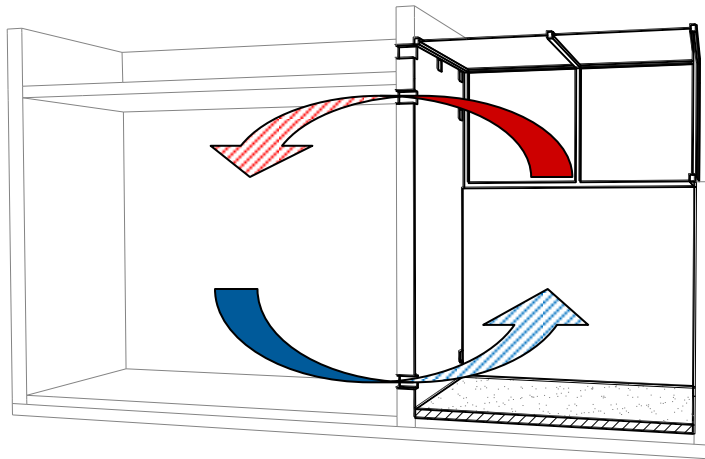


Imagen 22: funcionamiento del colector solar durante la temporada fría.

Durante la temporada cálida el espacio se encuentra en condiciones de confort térmico, por lo que es necesario evitar ganancias de calor. En este caso, se cierran los ductos que comunican la habitación con el colector solar, y se abren los ductos superiores del dispositivo de calefacción, para permitir salida al aire caliente contenido en éste. Adicionalmente, se puede cubrir la parte superior del dispositivo con un textil (como malla sombra), para limitar las ganancias de calor al interior del colector solar.

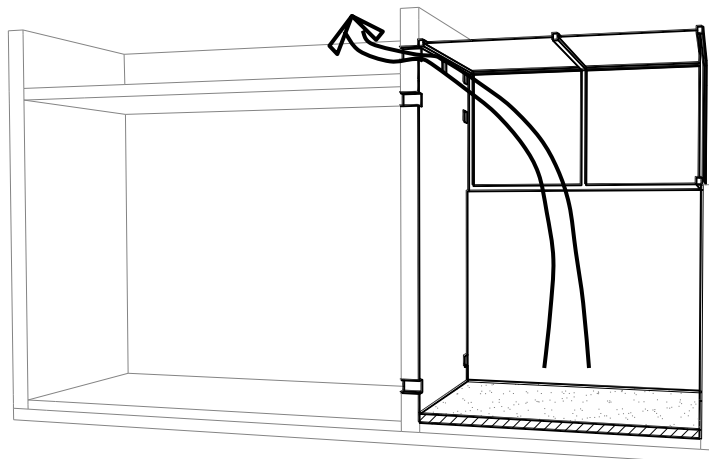


Imagen 23: funcionamiento del colector solar durante la temporada cálida

Prototipo noroeste

El espacio correspondiente a sala-comedor se encuentra, durante el invierno, en condiciones de bajo calentamiento, porque la orientación de este espacio es inadecuada (N-NO). Debido a esta orientación, se imposibilita la ganancia de calor por radiación solar directa, con lo que se vuelve necesario implementar sistemas de ganancia de calor de forma indirecta.

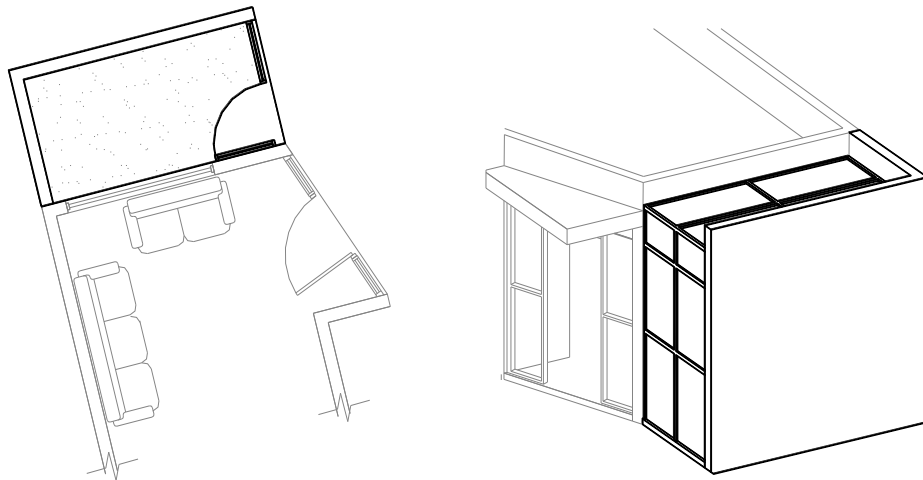


Imagen 24: sistema de captación y almacenaje de calor en sala-comedor (colector solar), prototipo noroeste

Con el fin de almacenar calor, se propone la creación de un captador solar junto al espacio en cuestión. El dispositivo consiste en un espacio adosado en el muro norte (fachada) de la sala-comedor. El captador solar está conformado por dos elementos constructivos de ladrillo en sus limitantes oeste y norte que (cumplen la función de almacenamiento de calor en la temporada fría y control solar durante la temporada cálida), y dos elementos de policarbonato (límite este y cubierta del dispositivo), y sus dimensiones, a paños interiores, son de 1.5 metros de ancho, 2.87 metros de largo y 2.68 metros de alto.

El dispositivo se encuentra comunicado mediante ductos operables (superiores e inferiores) con el espacio a calentar, de tal forma que se pueda generar una celda

convectiva cuando se requiera calentar o cerrarse el sistema cuando no se necesite su uso. Durante el invierno el colector recibe radiación solar directa, en la cubierta, de las 7:00 a las 16:00 horas y en los muros de las 8:00 a las 16:00 horas.

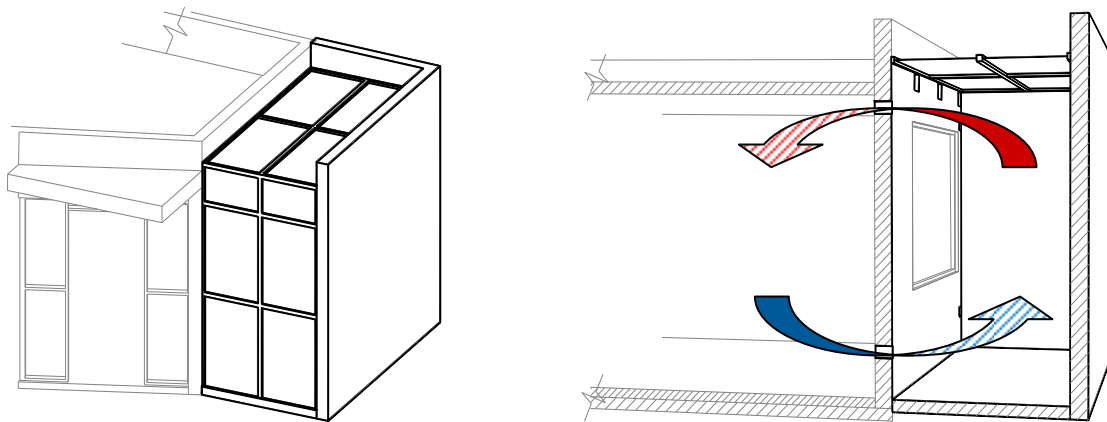


Imagen 25: funcionamiento del colector para sala-comedor durante temporada fría, prototipo noroeste

En la temporada cálida hay requerimientos de calentamiento hasta las 10:00 horas. De las 11:00 horas hasta las 15:00 horas se encuentra en confort y se presentan condiciones de sobrecalentamiento en las tardes, a partir de las 16:00 horas a las 20:00 horas. Es decir, en las mañanas y hasta las 11:00 horas se abren los ductos del sistema para ingresar calor al espacio; de las 11:00 horas en adelante se cierra el sistema para evitar sobrecalentamiento en la sala-comedor y se abren las salidas de aire caliente en la parte superior del colector solar. De ser necesario incrementar el flujo de aire (para evitar que se almacene calor excesivo en el dispositivo) se abre la puerta de acceso. Es posible cubrir la cubierta del colector con un textil (malla sombra, por ejemplo) para reducir las ganancias de calor.

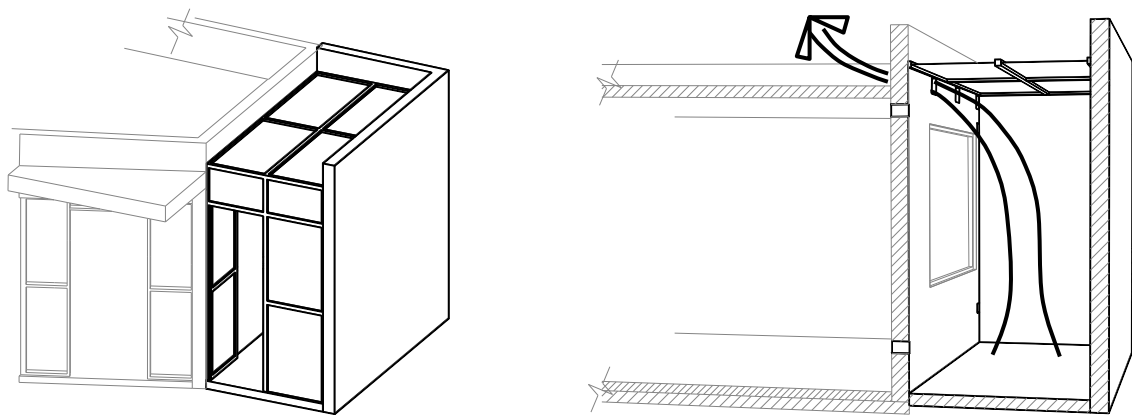


Imagen 26: funcionamiento del colector para sala-comedor durante temporada cálida, prototipo noroeste

La habitación frontal del prototipo noroeste cuenta con una orientación deficiente, al igual que la sala-comedor, lo cual propicia que, durante la temporada fría, existan condiciones de bajo calentamiento durante 87% del día. Por lo tanto, es necesario aumentar la ganancia de calor de forma indirecta. Sin embargo, debido a la posición de este espacio dentro de la edificación, se dificulta la implementación de dispositivos de captación y almacenamiento de calor.

El espacio en cuestión se encuentra frente a la cochera del prototipo, y aledaño a la puerta de acceso a la vivienda. Si se implementase un captador solar (similar al que se propone para calentar la sala-comedor) se eliminaría la cochera del sistema, ya que el largo restante es muy limitado (3.58 metros).

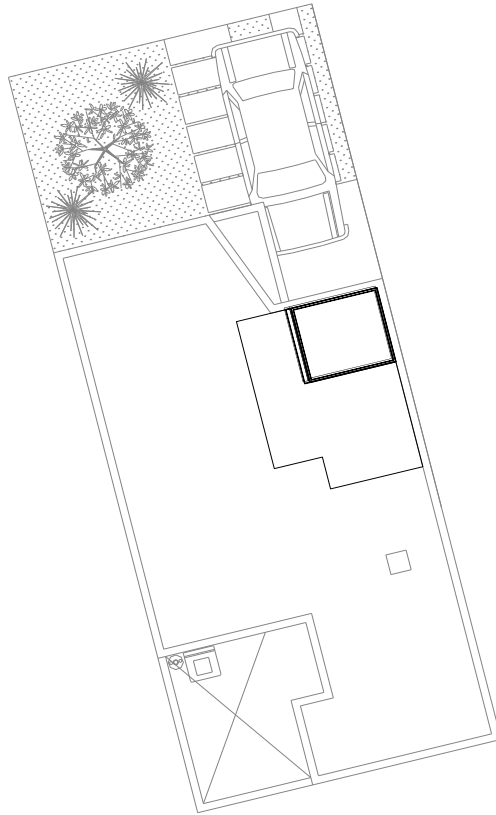


Imagen 27: ubicación del colector solar en azotea y delimitación del espacio (habitación frontal) en el sistema, prototipo noroeste

Debido a las condiciones del espacio en cuestión, se propone un captador solar ubicado en azotea que transmita aire caliente mediante ductos externos. El dispositivo consiste en una pequeña cámara para calentar aire, ubicada en la azotea. Este dispositivo presenta un inconveniente principal. Por la ubicación del colector no se facilita, de forma pasiva, la generación de una celda convectiva (circulación del aire interior-exterior de acuerdo a temperatura), por lo que se hace necesario el empleo de un pequeño dispositivo mecánico que succione aire frío hacia la cámara de calefacción, desplazando el aire caliente que en ésta se encuentre, y de esta manera se impulse la circulación del aire.

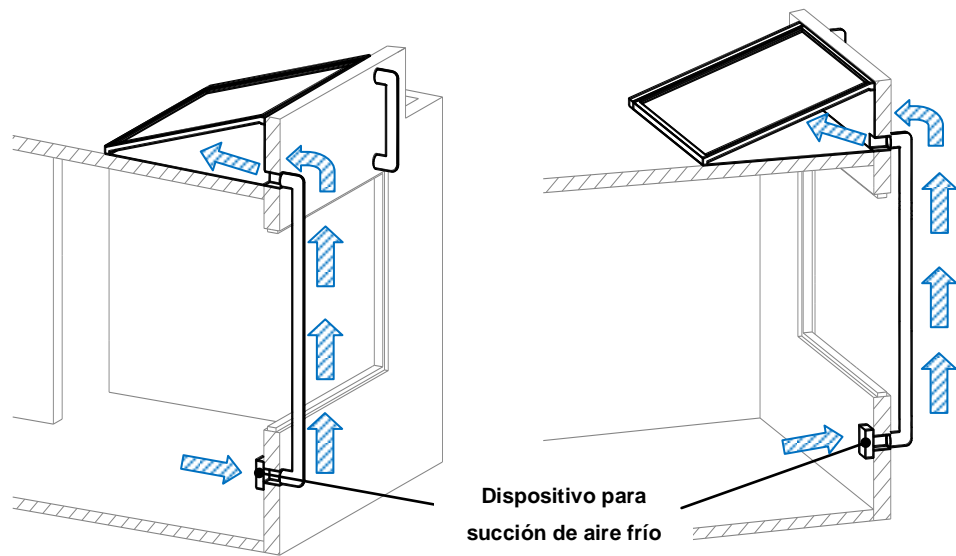


Imagen 28: dispositivo de calefacción para habitación frontal, prototipo noroeste. El dispositivo electro-mecánico succiona el aire frío del espacio y lo impulsa hacia la cámara de calentamiento

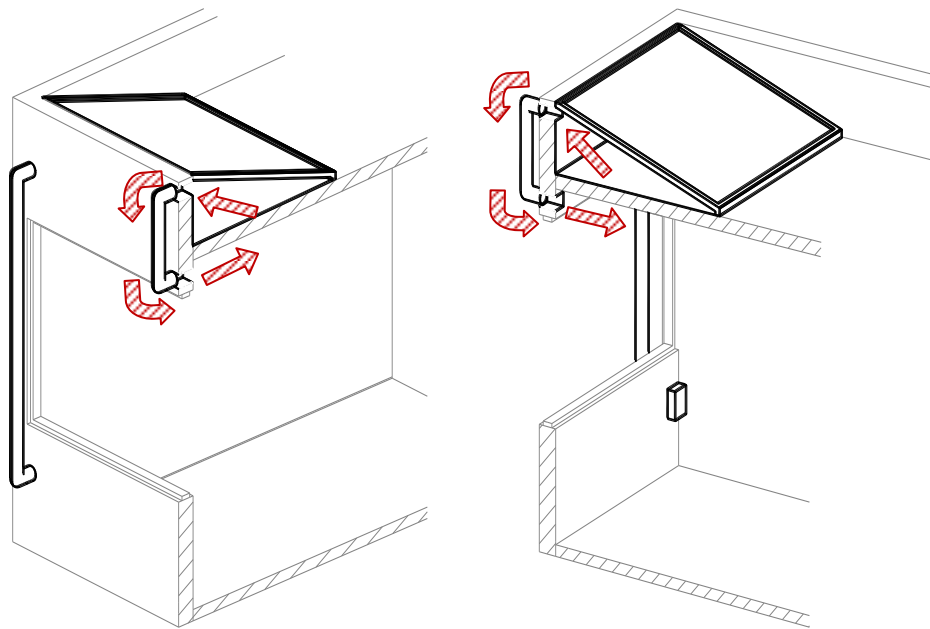


Imagen 29: dispositivo de calefacción para habitación frontal, prototipo noroeste. El aire caliente es desplazado de la cámara de calefacción por el aire frío, y lo empuja hacia el espacio

Durante la temporada cálida, se presentan condiciones de sobrecalentamiento en la habitación frontal, en las 16:00, 17:00 y 18:00 horas. Un volado por encima de la ventana, con el largo de la ventana misma y con 30 cms. de ancho es suficiente para limitar la ganancia de calor por radiación solar directa.

La habitación posterior del prototipo noroeste, durante la temporada fría, se encontró en condiciones de bajo calentamiento durante el 83% del tiempo, debido a que la orientación no es. Las ganancias de calor tendrán que ser de forma indirecta, empleando el mismo dispositivo propuesto para la habitación posterior del prototipo sureste. Es decir, un colector que caliente el aire en el patio de servicio para que, posteriormente, ingrese al espacio en cuestión. El dispositivo propuesto habrá de funcionar, también, como secador solar de ropa.

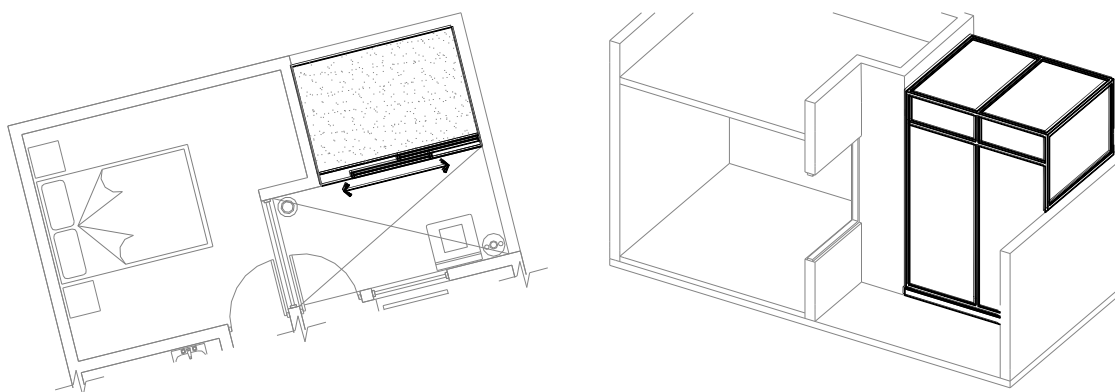


Imagen 30 : dispositivo de calefacción para habitación posterior (colector solar), prototipo sureste

El dispositivo propuesto consiste en un elemento (similar a una caseta) de policarbonato, con dimensiones de 2.70 metros de alto, 2.10 metros de largo y 1.65 metros de ancho. La superficie horizontal superior (3.5 m^2) será el principal punto de captación y se encuentra expuesta a radiación solar directa de las 7:00 a las 16:00 horas. Este captador solar está comunicado con la habitación posterior mediante ductos operables en la parte inferior y superior del muro de dicho espacio, permitiendo la generación de una celda convectiva entre el colector y la habitación.

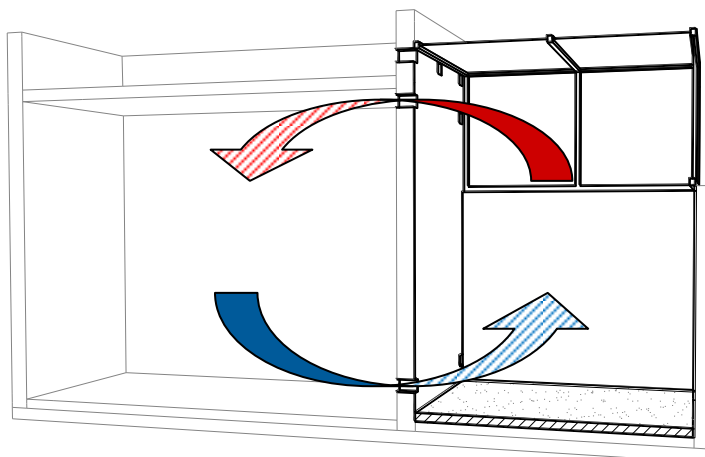


Imagen 31: funcionamiento del colector solar durante la temporada fría.

Durante la temporada cálida el espacio se encuentra en condiciones de confort térmico, por lo que es necesario evitar ganancias de calor. En este caso, se cierran los ductos que comunican la habitación con el colector solar, y se abren los ductos superiores del dispositivo de calefacción, para permitir salida al aire caliente contenido en éste. Se recomienda cubrir la parte superior del dispositivo con un textil (como malla sombra), para limitar las ganancias de calor al interior del colector solar.

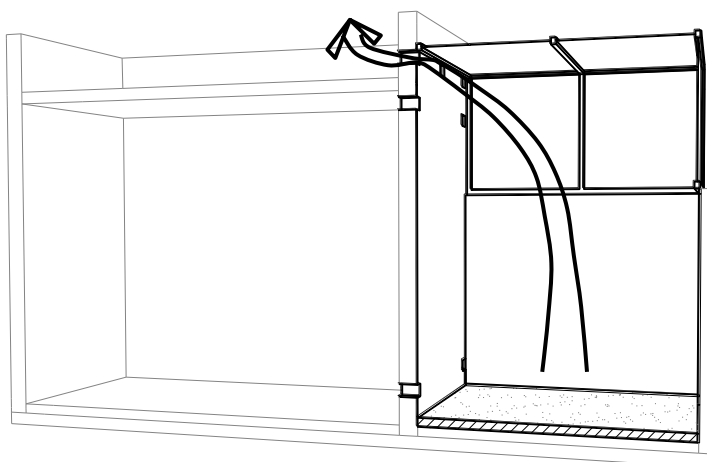


Imagen 32: funcionamiento del colector solar durante la temporada cálida

Finalmente, se recomienda generar masividad en losa (todos los espacios de ambos prototipos), para almacenar calor (aportes indirectos de calor) y aislar el espacio interior (evitar pérdidas/ganancias excesivas de calor), con el fin de disminuir la oscilación térmica al interior del espacio. Para este fin se recomienda la aplicación de un terrado de tepetate o tezontle, al menos 10 centímetros de espesor, con enladrillado, sobre la losa de concreto existente. Este procedimiento, además, proporciona un óptimo sistema de impermeabilización.

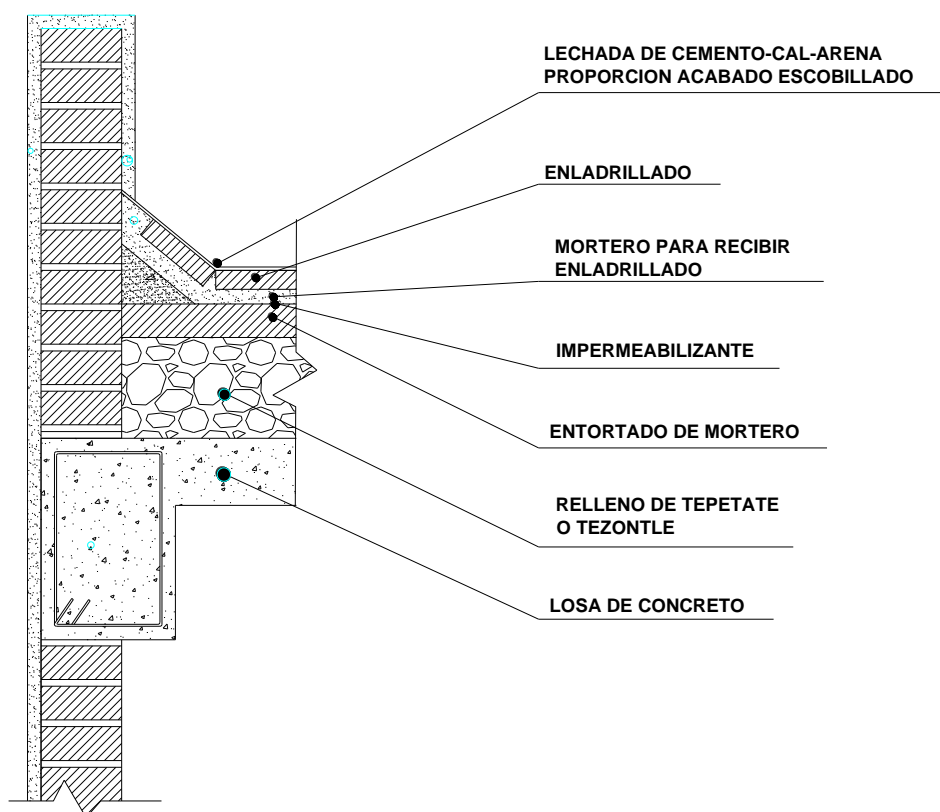


Imagen 33: detalle constructivo estándar, terrado con enladrillado en azotea

Para determinar el espesor mínimo necesario, se obtiene la información de la obra “El libro de la energía solar pasiva” (Mazria, 1985). De acuerdo con este libro, el grosor óptimo del elemento constructivo, para el caso del concreto, es de 30 - 45 cms y es

aproximado a un elemento de adobe (tierra) con un espesor de 20 - 30 cms. Con base en lo anterior, se determina que la losa de concreto de los prototipos, que cuenta con 10 cms. de espesor, se aproxima a un elemento de adobe de 10 – 15 cms. Al agregar el terrado mínimo de 10 centímetros en azotea se obtiene un elemento captor y acumulador aproximado a un elemento de adobe de 20 cms. de espesor.

Material	Espesor recomendado (cm)
Adobe	20-30
Ladrillo (común)	25-35
Hormigón pesado	30-45
Agua	15 cm o más

Tabla 21: grueso óptimo del elemento captor y acumulador de calor, según material constructivo

Fuente: Mazria, "El libro de la energía solar pasiva", 1985

Recomendaciones para la construcción de prototipos de vivienda

El sentido adecuado de la vivienda (en cuanto al prototipo de estudio y a esta tipología de vivienda) es cuando se tienen las habitaciones hacia el este de la edificación y sala-comedor al oeste de la misma. Esto es porque de esta forma la sala-comedor tiene mayores ganancias de calor durante las mañanas (a través de las ventanas a los costados de la puerta principal).

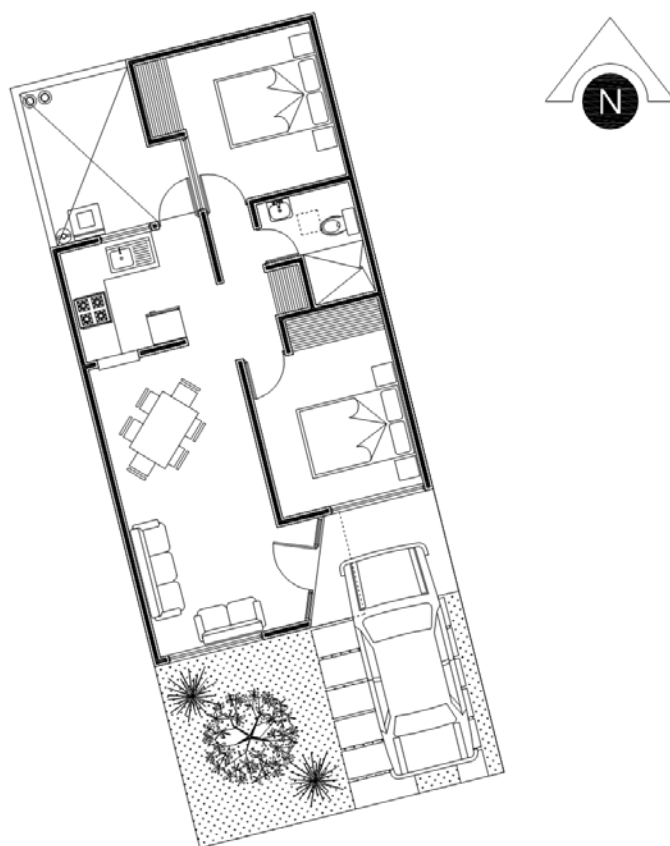


Imagen 34: Disposición y orientación adecuada del prototipo de vivienda

De esta forma, la habitación frontal tiene suficientes ganancias de calor durante las mañanas y el mismo edificio funciona como control solar para evitar ganancias de calor, y sobrecalentamiento, en el espacio.

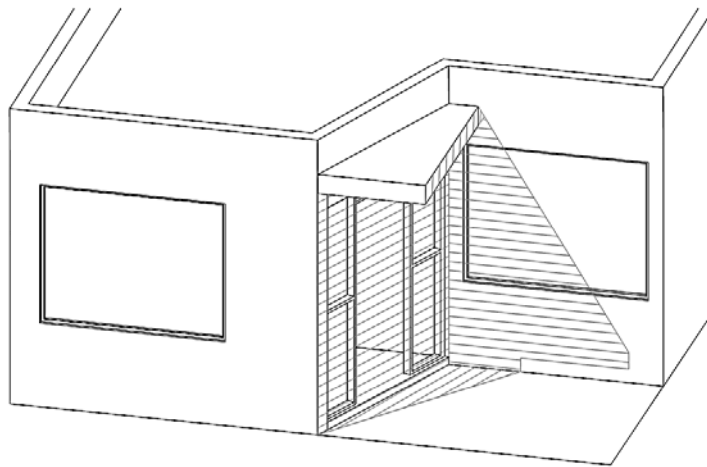


Imagen 35: control solar del prototipo mismo para habitación frontal, prototipo sureste

En esta disposición, sin embargo, la recámara posterior no tiene ganancias de calor por radiación solar directa durante las mañanas (sin la instalación de un dispositivo de captación), por lo que es recomendable la instalación de una claraboya de 1.30 m² de superficie captora total (Mazria, 1985).

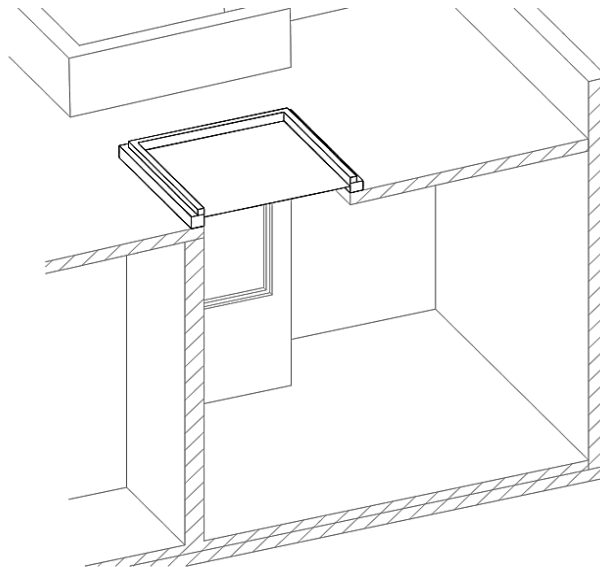


Imagen 36: claraboya en habitación posterior, prototipo sureste

Es recomendable también, no espejar los prototipos. El empleo de un sólo prototipo (no espejado) por orientación, permite desarrollar una sola propuesta adecuada que brinde las mejores condiciones para todos los usuarios del bloque de viviendas y, además, ayuda a controlar el crecimiento adecuado de los espacios habitacionales, es decir, que los usuarios de las viviendas sigan disfrutando de condiciones adecuadas después de ampliar sus propiedades. Además, en una sección de viviendas, todas con la misma orientación y en la misma disposición, las adecuaciones empleadas para mejorar las condiciones de temperatura son las mismas para todos los prototipos construidos, es decir, no es necesario considerar variaciones en las edificaciones.

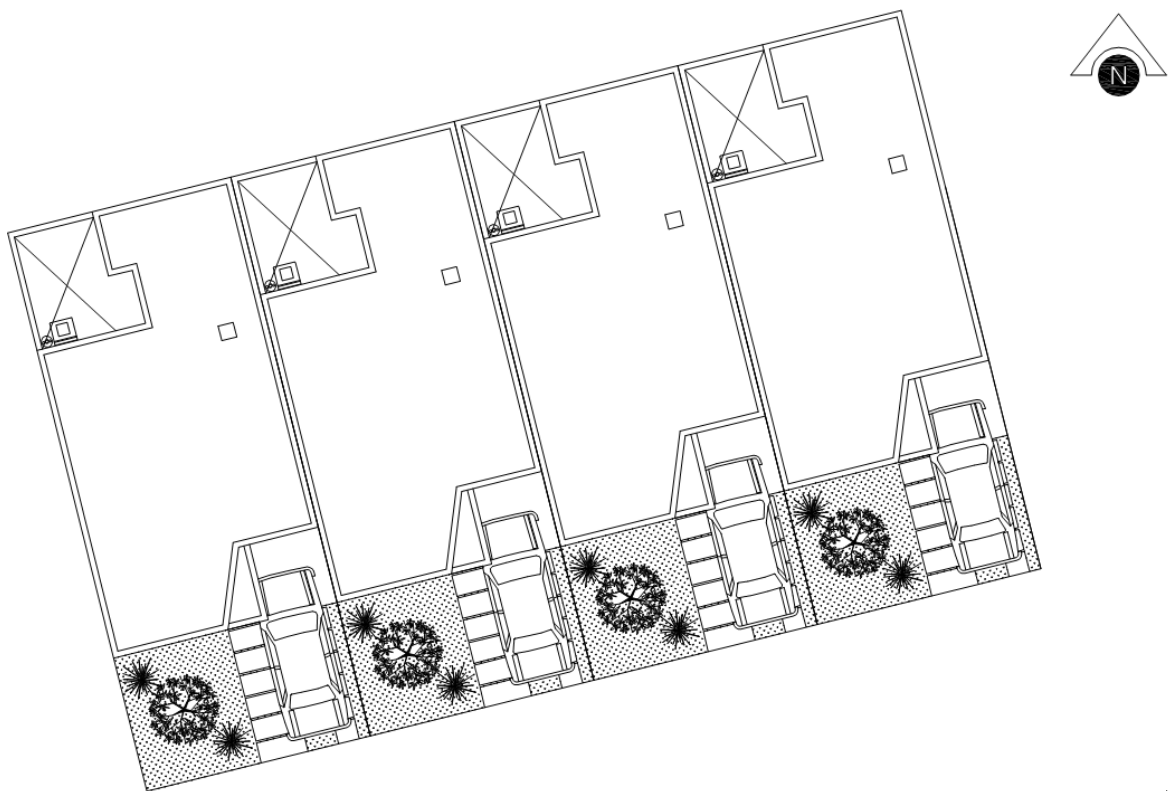


Imagen 37: disposición en conjunto de los prototipos de vivienda, orientación sureste

Sobre las ventanas de los prototipos, es pertinente recomendar un buen dimensionamiento de los vanos. En los prototipos de análisis, las ventanas en fachada tienen un área de vidrio de 2.68 m². De acuerdo con las tablas de Mahoney (estrategias de diseño bioclimático, pp. 42), un área aceptable para las ventanas es de 1.62 m². Si se desea conservar vanos de mayor tamaño, es recomendable la instalación vidrio doble en las ventanas.

En cuanto a la orientación noroeste no es recomendable la utilización de este prototipo, ya que las condiciones de temperatura interior se ven agravadas durante todo el año por tan desventajosa orientación. En la temporada fría no hay ganancias de calor por radiación solar directa, por lo que el espacio se encuentra siempre en condiciones de bajo calentamiento. Por el contrario, en la temporada cálida, este prototipo recibe radiación solar directa en las tardes, a partir de las 14:00 horas y hasta el ocaso, con lo que hay condiciones de sobrecalentamiento en el espacio.

Aunque lo ideal es que este prototipo no se emplee en esta orientación (noroeste), en caso de ser necesario su emplazamiento, se pueden realizar modificaciones al prototipo para mejorar sus condiciones de temperatura.

En principio, es necesaria la instalación de claraboyas en azotea para obtener ganancia de calor por radiación solar directa en los espacios correspondientes a sala-comedor y habitación frontal. En el caso de la sala-comedor, y por el área de espacio útil, es recomendable se utilicen de 3 a 4 m² (Mazria, 1985) como área de infiltración solar. En el caso de la habitación frontal, se requiere una claraboya con un área de 1.3 a 2.3 m² de superficie acristalada. En ambos casos es recomendable la instalación de dispositivos de control solar, para evitar ganancias excesivas de calor durante la temporada cálida.

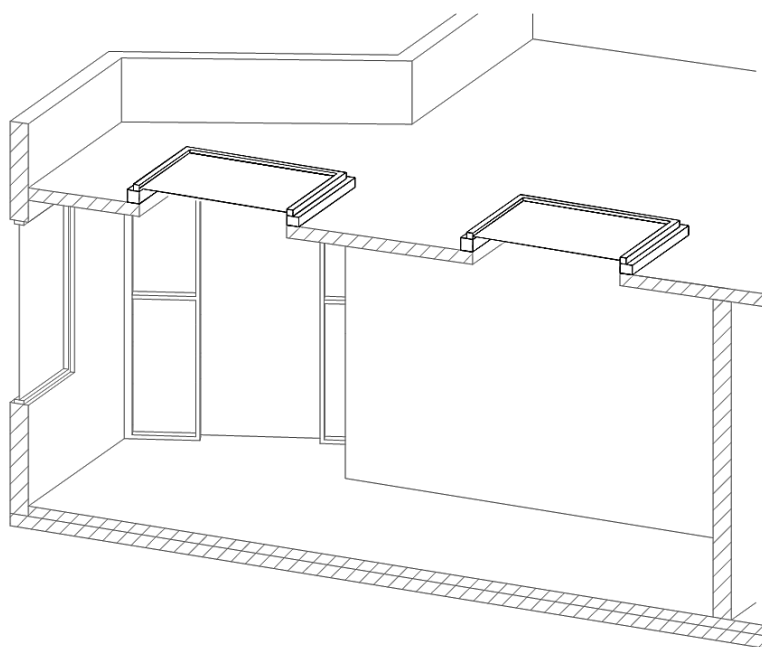


Imagen 38: claraboyas en azotea de sala – comedor, prototipo noroeste

Es necesario disminuir las dimensiones de las ventanas en la fachada noroeste (principal), e instalar dispositivos de control solar en las mismas. En cuanto al área de las ventanas, estas contarán con un máximo de 1.7 m² de área. Los dispositivos propuestos son salientes horizontales, perpendiculares al plano del muro de fachada y ubicados en el límite superior del vano. En el caso de la ventana de la sala-comedor, cuenta también con un elemento vertical al oeste de la misma. La saliente, o volado, de los dispositivos es de 50 cms.

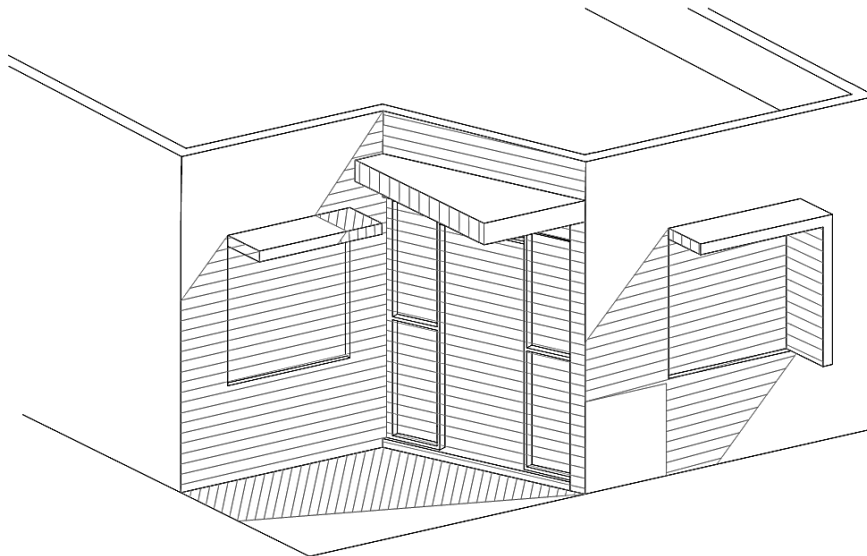


Imagen 39: redimensionamiento y dispositivos de control solar en ventanas, fachada principal, prototipo noroeste

A diferencia del prototipo sureste, en este caso es necesario bloquear el ingreso de radiación solar directa a los espacios, debido a que la radiación solar ingresa a estos espacios durante la temporada cálida y en las tardes, lo que ocasiona un sobrecalentamiento en los mismos. Es necesario proteger del poniente estas ventanas.

Al igual que con los prototipos que cuentan con una orientación sureste, es recomendable que no se espejen los prototipos de vivienda. La correcta disposición del prototipo se obtiene, de la misma forma que los prototipos al sureste, orientando las habitaciones al este de la edificación, y la sala-comedor al oeste de la misma. De esta forma se minimiza la exposición al sol del poniente durante la temporada cálida, y la misma edificación ayuda a controlar la incidencia solar sobre la ventana de la habitación frontal. Si los usuarios construyen sobre el área jardín, el espacio nuevo podrá contar con orientación este, con lo que se impide el paso de radiación solar al interior del espacio, durante las tardes en la temporada cálida.

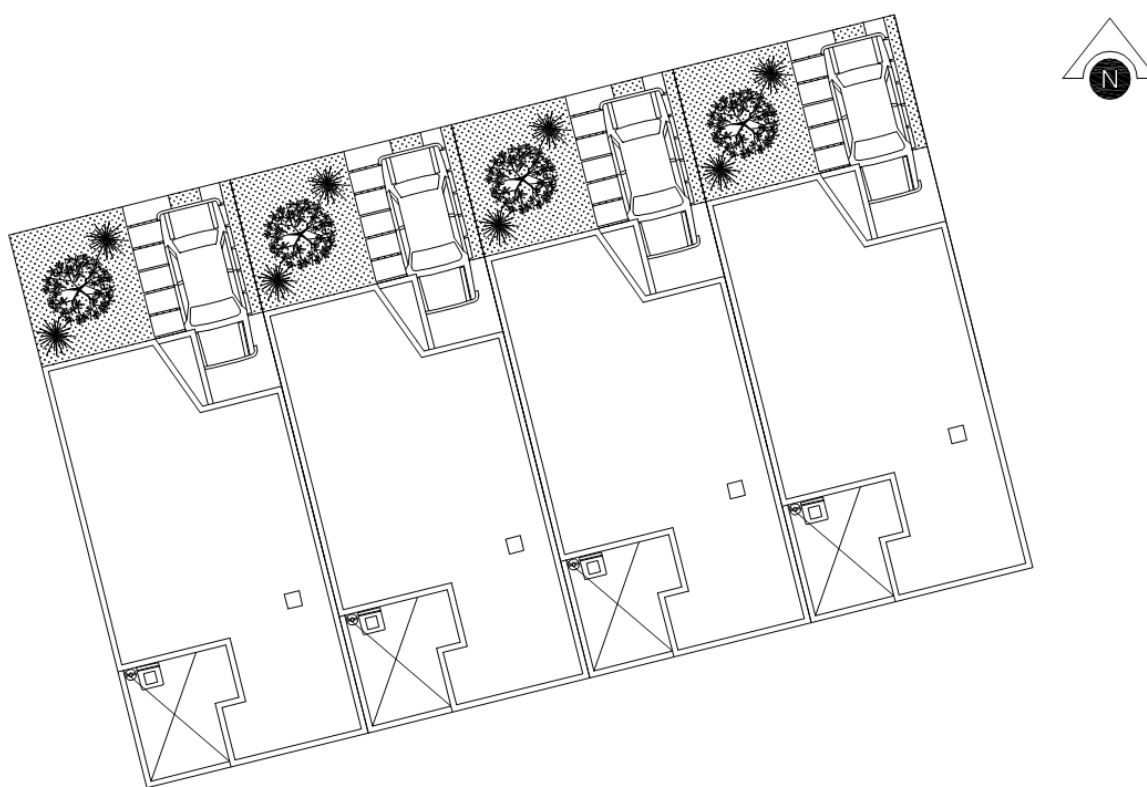


Imagen 40: disposición en conjunto de los prototipos de vivienda, orientación noroeste

6.2 Conclusiones

En esta investigación se clasificó, en la ciudad de San Luis Potosí, la oferta de vivienda de interés social por la tipología de las mismas y se analizó, mediante casos de estudio, la más empleada en este tipo de viviendas. Con los resultados obtenidos se determinó que la orientación es el factor que más influye sobre el comportamiento térmico de los espacios de interés social. Se estudiaron dos orientaciones distintas, sur-sureste y nor-noroeste, correspondiendo a la mejor y la peor orientación, respectivamente.

Los prototipos analizados presentan deficiencias en su comportamiento térmico, por lo que no ofrecen un nivel adecuado de confort. El control solar es inexistente en los prototipos y cuando reciben radiación solar directa, el incremento en la temperatura excede el límite superior de confort térmico. Los elementos constructivos carecen de la masividad necesaria. La oscilación térmica presente en las edificaciones es elevada, con valores de hasta 11 K durante el invierno, temporada en la cual hay menos horas de confort al interior de las edificaciones que al exterior. Los vanos en fachadas están mal dimensionados y no tienen un área recomendable, por lo que ganancia y pérdida de calor a través de ventanas son elevadas. En términos generales, la evolución de la temperatura a lo largo del día es similar al interior y al exterior de los espacios. Es decir, cuando la temperatura desciende a la intemperie, también desciende en los espacios, y cuando asciende la temperatura al exterior, también aumenta en las edificaciones. Desde luego, la orientación propia de cada espacio ocasiona diferencias en el comportamiento térmico de los mismos.

La orientación es un factor de suma importancia en el comportamiento térmico de los espacios, ya que ésta determina la incidencia de radiación sobre los mismos, así como los dispositivos y adecuaciones necesarias para estabilizar las condiciones de temperatura.

En el invierno, particularmente, la orientación de los espacios juega un papel fundamental en el comportamiento térmico de éstos, por lo que la diferencia de temperatura entre espacios con diferente orientación es alta. Esto se debe a la posición del sol (más baja con respecto a los elementos constructivos de las viviendas), con lo que los elementos verticales de las edificaciones juegan un papel importante en la captación de radiación solar directa. En otras palabras, orientaciones favorables captan más calor. Durante la temporada cálida, sin embargo, ambos prototipos analizados presentaron un comportamiento térmico similar, debido a la posición casi perpendicular del sol con respecto al plano de emplazamiento de las viviendas, por lo cual los elementos horizontales de las viviendas se convierten en captadores principales de calor. En esta temporada, las diferencias principales en el comportamiento térmico de los espacios, según su orientación, existen al orto y ocaso del sol, así como en los momentos posteriores inmediatos.

Una de las principales deficiencias en estas edificaciones, consiste en insuficiencia de masividad en los elementos constructivos que las componen, por ello su almacenamiento y transmisión de calor es inadecuado para la vivienda en cuestión. Esto ayuda a que la temperatura ascienda rápidamente en los espacios cuando son expuestos de forma directa a radiación solar, o cuando la temperatura exterior es elevada. De forma similar, el calor en los espacios se pierde con rapidez en cuanto no hay radiación solar directa y la temperatura exterior desciende. Lo anterior ocasiona que el retardo térmico en los espacios sea bajo (2 horas máximo) y la oscilación térmica en éstos sea elevada.

Se requiere estabilizar la temperatura interior, a lo largo del día, mediante la aplicación de distintas estrategias. De acuerdo con el análisis bioclimático realizado, la estrategia principal de bioclimatización es la inercia térmica y, en cierta medida, el aislamiento de los espacios. Mediante la masividad en elementos constructivos se lograría estabilizar considerablemente las condiciones de temperatura al interior de los espacios.

Además de generar masividad en elementos constructivos, también es necesario aplicar control solar (orientaciones en el rango sureste, sur, oeste) y captar radiación solar de forma indirecta (orientaciones en el rango este, norte, oeste), de acuerdo con las condiciones de cada espacio. Sin embargo, se debe tener en mente que debe haber un límite en la cantidad de adecuaciones y dispositivos aplicables, debido a que las edificaciones en cuestión son de tipo económico y existen limitaciones de tipo espacial en las viviendas y monetario por parte del usuario.

Considerando lo anterior, es necesario señalar que en orientación sureste la cantidad de modificaciones requeridas para estabilizar la temperatura interior puede ser menor y la naturaleza de éstas es relativamente simple, no así en orientación noroeste, que requiere la aplicación de dispositivos adicionales para el control de temperatura interior, con el costo que esto conlleva. Es por ello que, de forma ideal, debería evitarse el empleo de este tipo de prototipos en orientación norte, noroeste y oeste.

Para la creación futura de viviendas se recomienda permitir el ingreso de radiación solar directa de forma cenital (empleo de lucernarios o claraboyas) en orientaciones en rango este, norte, oeste. Es necesario cuidar el control solar hacia poniente y reorientar, en la medida de lo posible, puertas y ventanas. También resulta recomendable redimensionar las ventanas (1.70 m² máximo) para disminuir la transferencia de calor interior-exterior. Finalmente, a una escala mayor, no espejar los prototipos (durante la planeación y siembra de éstos) simplifica los dispositivos de control solar que puedan requerirse en las viviendas.

Esta investigación se propone como una herramienta para mejorar las condiciones de confort térmico en las edificaciones de interés social. Este documento contiene un registro detallado del comportamiento térmico de los casos de estudio analizados, con lo cual se exhiben las deficiencias térmicas de los mismos, y se justifica de forma tangible la necesidad de mejorar dichas edificaciones. Se brinda también, con el fin de mejorar la temperatura interior de los espacios de estudio, recomendaciones y medidas que sirven como punto de partida para desarrollar sistemas y dispositivos más eficientes para el control térmico en viviendas de interés social.

Sin embargo, falta investigación sobre el tema. En este documento se analiza la tipología predominante de vivienda de interés social en la capital de San Luis Potosí, en dos orientaciones distintas. Con base en lo anterior, aún resta analizar el comportamiento térmico de esta tipología de vivienda en las otras orientaciones predominantes (este y oeste) para cubrir por completo este tipo de vivienda. Desde luego, también falta analizar las otras tipologías existentes de vivienda de interés social.

Para complementar el conocimiento sobre el tema, resulta recomendable que también se investigue sobre los materiales y procesos constructivos presentes en el desarrollo de viviendas de interés social, en relación al confort térmico de las mismas.

El objetivo final es, desde luego, crear espacios de interés social realmente habitables, que satisfagan la necesidad de confort térmico, que en verdad sean un cobijo del clima y sus elementos, para mejorar el bienestar de sus habitantes.

Bibliografía

A.M.P.I. San Luis. (01 de Febrero de 2011). *A.M.P.I. San Luis Potosí - Asociación Mexicana de Profesionales Inmobiliarios*. Recuperado el N/A de N/A de 2012, de <http://ampisanluis.com/es/articulos/categoria/noticias/anticipa-conavi-repunte-en-creditos-para-vivienda-podrian-superar-284-mmdp-en-2011/index67.html>

CONAVI - Comisión Nacional de Vivienda . (NA de NA de 2012). *Comisión Nacional de Vivienda*. Recuperado el NA de Diciembre de 2011, de <http://www.conavi.gob.mx/>

CONAVI - Comisión Nacional de Vivienda. (N/A de N/A de 2008). Los retos del desarrollo habitacional - calidad y sustentabilidad. *Programa Nacional de vivienda 2007-2012: Hacia un desarrollo habitacional sustentable (versión ejecutiva)*. Distrito Federal, México: N/A.

CONAVI - Comisión Nacional de Vivienda. (11 de Agosto de 2010). *Comisión Nacional de Vivienda*. Recuperado el 28 de Mayo de 2012, de http://www.conavi.gob.mx/documentos/politica/Necesidades_2006_2012.pdf

El Pulso, San Luis. (15 de Febrero de 2012). *Instituto de Vivienda del Estado* . Recuperado el 27 de Mayo de 2012, de http://www.inviesslp.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=122%3Atiene-slp-deficit-de-170-mil-viviendas-inviess&catid=37%3Anoticias-antiores&Itemid=1

El Sol de San Luis. (13 de Mayo de 2011). *Instituto de Vivienda del Estado*. Recuperado el N/A de Noviembre de 2011, de http://www.inviesslp.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=59%3Asimplificaran-acceso-a-creditos-de-vivienda&catid=37%3Anoticias-antiores&Itemid=1

GlobalMedia, San Luis. (30 de Noviembre de 2011). *Instituto de Vivienda del Estado*. Recuperado el N/A de Febrero de 2012, de http://www.inviesslp.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=104%3Aciudad-satelite-no-resolvera-deficit-habitacional-inviess&catid=37%3Anoticias-anteriores&Itemid=1

Hernandez H., E. (Agosto de 1984). Experiencias y potencial de las tecnologías ecológicas de climatización y sistemas pasivos en la vivienda de interés social en México - el caso del INFONAVIT -. *PLEA 84 MÉXICO, Ponencias y monografías presentadas en el seminario sobre ecotecnias aplicadas a la vivienda*. Distrito Federal, México, México: N/A.

Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores. (NA de NA de 2009 - 2011). *INFONAVIT*. Recuperado el NA de Enero de 2012, de <http://www.infonavit.org.mx>

INVIES. (N/A de N/A de 2012). *Instituto de Vivienda del Estado*. Recuperado el N/A de Mayo de 2012, de http://transparencia.slp.gob.mx/transparencia/InfPubEstatat_Dependencias.aspx?Dep=0443

Lesino, S. F. (N/A de N/A de 2001). *N/A*. Recuperado el N/A de N/A de 2012, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd29/modelo.pdf>

Maycotte Pansza, M. E. (2005). Nuevas tipologías de vivienda de interés social financiadas por programas gubernamentales. *XXVIII Encuentro de la Red Nacional de Investigadores Urbanos* (pág. 22). Ciudad Juárez, Chih.: N/A.

Mazria, E. (1985). *El libro de la energía solar pasiva*. México, D.F.: Ediciones G. Gili.

Índice de gráficos y tablas

Imágenes

Imagen 1: Proceso de crecimiento de la vivienda tipo económico	15
Imagen 2: ejemplo de la variedad de prototipos entre los distintos desarrolladores	18
Imagen 3: ejemplo de prototipos, y esquema de crecimiento, ofertados Fuente:	19
Imagen 4: Esquema de funcionamiento 1	20
Imagen 5: Esquema de funcionamiento 2	21
Imagen 6: esquema de funcionamiento 3	22
Imagen 7: prototipos de vivienda bioclimática de interés social en San Luis Potosí	25
Imagen 8: Sección y plantas de prototipo 1 (izq.) y axonométrico de prototipo 2 (der.)	26
Imagen 9: Situación geográfica de la ciudad de San Luis Potosí.....	29
Imagen 10: Triángulos de confort, actividades recomendadas por grupo.....	43
Imagen 11: triángulos de confort, diagrama de estrategias bioclimáticas	44
Imagen 12: Diagrama bioclimático anual para la ciudad de San Luis Potosí, S.L.P.....	45
Imagen 13: Planta y secciones arquitectónicas del prototipo de análisis	55
Imagen 14: Fachada, planta perspectivada y esquema de funcionamiento de prototipo de estudio.....	56
Imagen 15: Orientación y espacios de análisis de prototipo de estudio sureste	57
Imagen 16: Orientación y espacios de análisis de prototipo de estudio noroeste	58
Imagen 17: dispositivo de control solar para sala-comedor (partesol), prototipo sureste.....	114
Imagen 18: dispositivo de control solar para sala-comedor (estor enrollable exterior), prototipo sureste	115
Imagen 19: dispositivo de control solar en habitación frontal (marco), prototipo sureste	116
Imagen 20: dispositivo de control solar en habitación frontal (estor enrollable exterior), prototipo sureste.....	117
Imagen 21: dispositivo de calefacción para habitación posterior (colector solar), prototipo sureste	119
Imagen 22: funcionamiento del colector solar durante la temporada fría.	120
Imagen 23: funcionamiento del colector solar durante la temporada cálida	120
Imagen 24: sistema de captación y almacenaje de calor en sala-comedor (colector solar), prototipo noroeste	121
Imagen 25: funcionamiento del colector para sala-comedor durante temporada fría, prototipo noroeste	122
Imagen 26: funcionamiento del colector para sala-comedor durante temporada cálida, prototipo noroeste	123
Imagen 27: ubicación del colector solar en azotea y delimitación del espacio (habitación frontal) en el sistema, prototipo noroeste	124
Imagen 28: dispositivo de calefacción para habitación frontal, prototipo noroeste. El dispositivo electro-mecánico succiona el aire frío del espacio y lo impulsa hacia la cámara de calentamiento.....	125

Imagen 29: dispositivo de calefacción para habitación frontal, prototipo noroeste. El aire caliente es desplazado de la cámara de calefacción por el aire frío, y lo empuja hacia el espacio.	125
Imagen 30 : dispositivo de calefacción para habitación posterior (colector solar), prototipo sureste.....	126
Imagen 31: funcionamiento del colector solar durante la temporada fría.	127
Imagen 32: funcionamiento del colector solar durante la temporada cálida	127
Imagen 33: detalle constructivo estándar, terrado con enladrillado en azotea.....	128
Imagen 34: Disposición y orientación adecuada del prototipo de vivienda	130
Imagen 35: control solar del prototipo mismo para habitación frontal, prototipo sureste	131
Imagen 36: claraboya en habitación posterior, prototipo sureste	131
Imagen 37: disposición en conjunto de los prototipos de vivienda, orientación sureste	132
Imagen 38: claraboyas en azotea de sala – comedor, prototipo noroeste	134
Imagen 39: redimensionamiento y dispositivos de control solar en ventanas, fachada principal, prototipo noroeste	135
Imagen 40: disposición en conjunto de los prototipos de vivienda, orientación noroeste	136

Tablas

Tabla 1: número de créditos otorgados en vivienda económica	16
Tabla 2: Indicadores de Mahoney.....	42
Tabla 3: Promedios de temperaturas registradas en el prototipo sureste, periodo frío	60
Tabla 4: Promedios de temperaturas registradas en el prototipo sureste, periodo frío	68
Tabla 5: Promedios de temperaturas registradas en el prototipo sureste, periodo cálido	76
Tabla 6: Tabla 7: Promedios de temperaturas registradas en el prototipo sureste, periodo cálido	80
Tabla 8: Diferencia entre temperatura al exterior y en la sala-comedor, prototipo sureste, temporada fría.....	85
Tabla 9: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación frontal, prototipo sureste, temporada fría	87
Tabla 10: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación posterior, prototipo sureste, temporada fría	89
Tabla 11: Diferencia entre temperatura al exterior y en sala-comedor, prototipo noroeste, temporada fría	91
Tabla 12: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación frontal, prototipo noroeste, temporada fría	93
Tabla 13: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación posterior, prototipo noroeste, temporada fría	95
Tabla 14: Diferencia entre temperatura al exterior y en sala-comedor, prototipo sureste, temporada cálida.....	97
Tabla 15: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación frontal, prototipo sureste, temporada cálida	99
Tabla 16: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación posterior, prototipo sureste, temporada cálida ...	101
Tabla 17: Diferencia entre temperatura al exterior y en sala-comedor, prototipo noroeste, temporada cálida	103
Tabla 18: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación frontal, prototipo noroeste, temporada cálida	105
Tabla 19: Diferencia entre temperatura al exterior y en habitación posterior, prototipo noroeste, temporada cálida ..	107

Gráficas

Gráfica 1: Diagrama de temperatura anual.....	31
Gráfica 2: Diagrama de humedad anual.....	32
Gráfica 3: Diagrama de precipitación anual.....	33
Gráfica 4: Índice ombrotérmico.....	33
Gráfica 5: Radiación solar anual.....	34
Gráfica 6: Índice de nubosidad anual.....	34
Gráfica 7: Frecuencia e intensidad del viento, diagrama anual.....	35
Gráfica 8: Frecuencia e intensidad de los vientos, diagramas mensuales	35
Gráfica 9: Días grado, gráfica anual.....	36
Gráfica 10: Proyección estereográfica	38
Gráfica 11: Diagrama Psicrométrico para la ciudad de San Luis Potosí	47
Gráfica 12: Diagrama de temperatura efectiva corregida, ciudad de San Luis Potosí.....	49
Gráfica 13: Comparativa de temperatura máxima, prototipo sureste, periodo frío	62
Gráfica 14: Comparativa de temperatura media, prototipo sureste, periodo frío	64
Gráfica 15: Comparativa de temperatura mínima, prototipo sureste, periodo frío	66
Gráfica 16: Comparativa de temperatura máxima, prototipo noroeste, periodo frío	70
Gráfica 17: Comparativa de temperatura media, prototipo noroeste, periodo frío	72
Gráfica 18: Comparativa de temperatura mínima, prototipo noroeste, periodo frío	74
Gráfica 19: Comparativa de temperatura máxima, prototipo sureste, periodo cálido	77
Gráfica 20: Comparativa de temperatura media, prototipo sureste, periodo cálido.....	78
Gráfica 21: Comparativa de temperatura mínima, prototipo sureste, periodo cálido	79
Gráfica 22: Comparativa de temperatura máxima, prototipo noroeste, periodo cálido	81
Gráfica 23: Gráfica 24: Comparativa de temperatura media, prototipo noroeste, periodo cálido	82
Gráfica 25: Gráfica 26: Comparativa de temperatura mínima, prototipo noroeste, periodo cálido	83
Gráfica 27: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, sala comedor, prototipo sureste, temporada fría	85
Gráfica 28: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación frontal, prototipo sureste, temporada fría	87
Gráfica 29: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación posterior, prototipo sureste, temporada fría	89
Gráfica 30: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, sala-comedor, prototipo noroeste, temporada fría	91
Gráfica 31: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación frontal, prototipo noroeste, temporada fría	93
Gráfica 32: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación posterior, prototipo noroeste, temporada fría	95
Gráfica 33: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, sala-comedor, prototipo sureste, temporada cálida	97

Gráfica 34: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación frontal, prototipo sureste, temporada cálida	99
Gráfica 35: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación posterior, prototipo sureste, temporada cálida	101
Gráfica 36: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, sala-comedor, prototipo noroeste, temporada cálida	103
Gráfica 37: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación frontal, prototipo noroeste, temporada cálida	105
Gráfica 38: Gráficas de porcentaje de condiciones de temperatura exterior e interior, habitación posterior, prototipo noroeste, temporada cálida	107

ANEXOS

PROTOTIPOS DE VIVIENDA SOLAR UNAM-INFONAVIT:

Mediante un programa de investigación conjunta entre la UNAM y el INFONAVIT, se diseñaron, construyeron y actualmente se evalúan, seis prototipos de vivienda de interés social, en los que se han incorporado técnicas de climatización mediante uso directo e indirecto de la energía solar, así como sistemas de calentamiento de agua para uso doméstico. Los prototipos de vivienda se construyeron en tres zonas climatológicamente representativas del país: Cd. Cuauhtémoc, Chih., La Paz, B.C.S., y San Luis Potosí., S.L.P.

El proyecto conjunto UNAM-INFONAVIT: "Programa Piloto Sobre el Aprovechamiento de la Energía Solar en la Vivienda INFONAVIT", se inició en 1980. A través de técnicas de diseño que consideran al sol, al viento, la orientación de lotes y viviendas, así como las propiedades termofísicas de los materiales de construcción comercialmente disponibles, se construyeron seis prototipos de vivienda que actualmente se encuentran habitados por derechohabientes seleccionados para los fines de que este proyecto persigue. Actualmente los datos registrados se encuentran en procesamiento, para así evaluar el comportamiento térmico de las viviendas y los sistemas solares de calentamiento de agua. Los resultados obtenidos permitirán mejorar las condiciones ambientales en el interior de las viviendas, ahorrando energéticos convencionales dentro de un marco ecológicamente compatible con el entorno.

El objetivo principal de éste programa, es optimizar los diseños arquitectónicos de la vivienda INFONAVIT, mediante la aplicación de tecnologías solares, que proporcionen confort térmico ambiental a las viviendas; esto repercutirá en el beneficio económico directo de los derechohabientes. El programa tiene carácter experimental por ser el primero de su naturaleza que se realiza en México. Con tal motivo, se aplicaron en él, diversos sistemas de climatización natural pasiva, a la vez que se instalaron aparatos de medición que registran automáticamente la información necesaria para establecer una evaluación científica, que permita a corto plazo, elaborar normas y recomendaciones específicas para el diseño de viviendas adecuadas al clima en forma masiva. Respecto a la instalación los calentadores solares, se pretende evaluar su factibilidad técnica y económica en vivienda de interés social.

El uso de la energía solar con fines de climatización en la vivienda, es un tópico que se está investigando en forma exhaustiva en muchos países del mundo, debido a los incrementos constantes en el precio de los hidrocarburos. La energía solar ha demostrado ser especialmente factible de ser aprovechada de manera eficiente mediante sistemas de calentamiento, ventilación y enfriamiento para viviendas. Diversos estudios han demostrado que la climatización eólico-solar, resulta económicamente atractiva respecto a los sistemas electromecánicos convencionales de climatización activa. Debido a que la eficiencia de funcionamiento de los sistemas solares de climatización pasiva, depende fundamentalmente de intensidad y duración de la insolación. México, por el hecho de ser uno de los países que mejores características de insolación poseen en el mun-

do, tiene en consecuencia un futuro prometedor en cuanto a disponibilidad y aprovechamiento del sol, que a su vez permita la implantación de sistemas pasivos de una manera económica y con un funcionamiento confiable, duradero y de mantenimiento mínimo.

Los alcances planteados en este proyecto, son por demás ambiciosos y de gran utilidad para el futuro de la vivienda de interés social. Estos son:

- Lograr sistemas de climatización natural y pasiva en la vivienda de construcción masiva, que sean técnica y económicamente factibles y ventajosos.
- Emplear los materiales convencionales de construcción, en forma más adecuada y racional, referente a sus características termofísicas y su compatibilidad con el clima regional.
- Elevar la calidad de vida de los derechohabientes, proporcionándoles una vivienda digna y decorosa que a su vez sea funcional, saludable, higiénica y confortable gracias al aprovechamiento directo e indirecto del sol.
- Desarrollar una tecnología de adecuación climática de viviendas de interés social, que sea apropiada a las necesidades, costumbres e idiosincracia de la población. Siendo esto último sumamente importante.

El programa Piloto se esta llevando a cabo en las siguientes ciudades: Ciudad Cuauhtémoc, Chih., La Paz, B.C.S., San Luis Potosí, S.L.P. En cada una de las localidades se construyeron dos viviendas prototipo. Se seleccionaron estos sitios, en base a que presentan características climatológicas representativas de algunos de los climas mas importantes del país, siendo en las dos primeras de tipo extremo. Las viviendas prototipo se diseñaron siguiendo la metodología para el diseño y evaluación bioclimática y pasiva, así como la experiencia con que cuenta el INFONAVIT en materia de vivienda para trabajadores de mínimos recursos económicos. Hasta la fecha, el comportamiento de los 6 prototipos, ha sido satisfactorio según lo han manifestado los derechohabientes, encontrando confortables las viviendas durante todo el año.

DESCRIPCION DE LOS PROTOTIPOS DE INFONAVIT:

SAN LUIS POTOSI, S.L.P.: Ciudad ubicada en las siguientes coordenadas: Latitud: 22°09' N; Longitud: 100°58' W; a una altitud de: 1,877 m., con un clima seco árido, templado con un verano cálido. Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales extremas, con lluvias en verano. El mes más caliente se presenta antes del solsticio de verano. Temperatura media anual de 17.9°C y una precipitación total anual de 359 mm.

Los prototipos tienen una superficie de 73.m2 y un volumen de 365 m3, cada uno. El diseño esta desarrollado en dos plantas. Se construyeron dos prototipos en lotes con orientación Norte-Sur ubicados en la Unidad Altamirano, siendo sus características principales las

siguientes:

El prototipo No.1 cuenta con: Climatización pasiva mediante el sistema de ganancia directa por la techumbre con una protección fija de control solar mediante alero inclinado. Para la termocirculación de aire frío y caliente, se empleó el sistema de muro Trombe orientado hacia el sur, contando éste con ventanas al centro. La techumbre está constituida de láminas galvanizadas llevando en la parte intermedia espuma de poliuretano. La ventilación es forzada por medio de una turbina eólica operada por la acción del viento y/o por la diferencia de temperaturas interior/exterior. Optimización de la iluminación natural interior respecto al mínimo consumo de energía eléctrica. Calentamiento térmico en el entrepiso de losa de concreto armado y en los muros de tabique.

El prototipo No.2 cuenta con: un sistema de ganancia directa con protección solar fija de tipo vicera, y protecciones laterales para control de las ganancias. La termocirculación de aire frío y caliente, se logra por medio de un invernadero adosado a la fachada sur y construido con lámina translúcida. Cuenta además con elementos de almacenamiento de energía mediante termo-contenedores metálicos con agua.

Ambos sistemas cuentan con turbina eólica que induce la ventilación en época de Verano.

CIUDAD CUAUHEMOC, CHIH.: Ciudad ubicada en las siguientes coordenadas: Latitud: 28°25' N; Longitud: 106°51' W; a una altitud de: 2,210 m., con clima seco o árido tipo estepa, templado con verano cálido. Oscilación anual de las temperaturas medias mensuales muy extrema mayor de 14°C. Temperatura media anual de 15.6°C. El régimen de lluvia de verano, es por lo menos, diez veces mayor en el mes más húmedo de la época caliente del año. Su precipitación anual es de 339 mm.

Los prototipos tienen una superficie de 79.m² y un volumen de 205 m³ cada uno. El diseño está desarrollado en una planta.

Se contruyeron dos prototipos en lotes con orientación Oriente-Poniente con accesos del sur. Cuentan con un sistema de ganancia solar directa fija del tipo diente de sierra con sistema de reflexión estacional al interior. Ambas casas presentan las siguientes características:

La ventilación es cruzada, basada en los vientos dominantes y cuentan con una turbina eólica. En el eje central de las viviendas, existe un muro de almacenamiento de energía constituido por termo-contenedores metálicos con agua, además, la fachada sur cuenta con termo-contenedores de vidrio. La techumbre es de concreto armado con aislante térmico a base de placas de poliestireno comprimido. Las fachadas oriente y poniente, tienen aislamiento térmico mediante placas de poliestireno adosadas. El diseño consta de un invernadero interior con ganancia solar por la techumbre. El calentador solar de agua funciona por termosifón con un sistema anti-congelante. Se ha optimizado la iluminación natural interior respecto al mínimo consumo posible de energía eléctrica. El tragaluz longitudinal del techo consta de doble vidrio. Las fachadas norponiente y suroriente, cuentan con quiebrasoles verticales para con-

trol de ganancia solar en verano y aleros en la fachada sur. En uno de los prototipos se instaló un sistema fotovoltaico para generar energía eléctrica a partir de celdas solares. El sistema cuenta con un conjunto de acumuladores para corriente directa, donde se almacena la energía para disponer de ella en las noches o durante días nublados. La energía generada es suficiente para dotar a la vivienda de 6 lamparas de luz fluorescente (40W. c/u).

LA PAZ, B.C.S.: Ciudad ubicada en las siguientes coordenadas: latitud: 24°09' N; longitud: 110°20' W; a una altura de: 19 m. Clima calido desértico, con temperatura media en el mes mas frío superior a los 18°C. La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales es extremosa, siendo la estación más seca en invierno. La precipitación anual es de 250 mm.

Los prototipos tienen una superficie de 72 m² y un volumen de 164 m³ cada uno. El diseño está desarrollado en una planta.

Se construyeron los prototipos en lotes con orientación noreste--suroeste, ubicados en la Unidad Carballo, siendo sus características principales las siguientes: sistema de climatización pasiva mediante dispositivos y aleros para la captación de vientos y brisas predominantes. Consta de doble techumbre metálica ventilada para la circulación continua de aire, estando la superior recubierta por una superficie selectiva fría para la disipación nocturna de radiación infrarroja hacia el espacio. La techumbre inferior soporta termo-contenedores de plástico con agua para incrementar la inercia térmica del techo a la sombra, actuando como amortiguador de las oscilaciones diarias o estacionales de las temperaturas y como sumidero del calor acumulado en la parte superior del interior de las viviendas.

El otro prototipo consta de: un sistema de climatización pasiva con una techumbre metálica inclinada, recubierta de pintura selectiva fría para la disipación nocturna de la radiación infrarroja hacia el espacio. Consta tambien de un belvedere de ventilación central, formado por: un plafond aislante, un ducto inclinado de ventilación y un plafond metálico con termo-contenedores de plástico para almacenar agua y darle inercia térmica al techo a la sombra. Ambas casas presentan las siguientes características: ventilación cruzada a traves de los corredores de circulación paralelos a muros con lienzos humedos, los cuales, operan durante el verano (cortinas de algodón en contacto con depósitos de agua en su parte superior e inferior). Estos lienzos humedos, aprovechan el fenómeno de enfriamiento evaporativo (removibles durante la época de frío). Las viviendas cuentan además con ventilación inducida mediante turbina eólica.

Se optimizó la iluminación natural respecto al mínimo consumo de energía eléctrica. En el primer sistema de techumbre, se cuenta con domos de apertura regulable, transformándose en invierno en domos de ganancia solar directa.

SISTEMAS DE CALENTAMIENTO SOLAR DE AGUA:

Los calentadores solares de agua constan de colectores solares planos y termotanques para la contención del agua caliente. Su funcionamiento es por termosifón, no requiriendo ningún dispositivo electromecánico adicional para ponerse en acción, ya que el agua circula impulsada por la diferencia de densidades y temperaturas provocadas por el calentamiento solar.

Este programa se ha realizado hasta la fecha en nueve localidades, y en general con muy buenos resultados, expresados principalmente por los propios usuarios. En cada una de las localidades se instalaron cuatro calentadores, y su funcionamiento ha estado de acuerdo con la siguiente relación:

IRAPUATO, GTO.: El funcionamiento ha sido óptimo, despertando el interés de los vecinos que solicitan este tipo de calentadores, especialmente al tener conocimiento del ahorro energético.

MORELIA, MICH.: En este frente, la Delegación dedujo previa investigación, que los calentadores instalados funcionan eficazmente para familias de 2 a 3 miembros, pero que para un mayor número de personas, se requiere un área de captación mayor. En días nublados el agua es tibia y en días despejados es necesario mezclarla con agua fría.

GOMEZ PALACIO, DGO.: Los cuatro colectores funcionan apropiadamente. Hay aceptación por parte de los derechohabientes, básicamente por el ahorro que les ha significado en combustible.

CUERNAVACA, MOR.: En este caso, el contratista instaló los calentadores en forma inadecuada y después de hacer las correcciones correspondientes, se han recogido informaciones satisfactorias acerca de los resultados de funcionamiento.

PUEBLA, PUE.: Hay bastante aceptación por los derechohabientes, alcanzando el agua para todas las necesidades diarias abasteciendo a una familia de 4 a 5 miembros.

OAXACA, OAX.: Inicialmente se instalaron en viviendas que no habían sido asignadas. Sin embargo estaban siendo controlados por personal de la Delegación, obteniéndose buenos resultados. Actualmente los resultados reportados por los derechohabientes siguen siendo satisfactorios.

SAN LUIS POTOSI, S.L.P.: Los dos calentadores instalados hace más de tres años, habían mostrado buen funcionamiento, sin embargo, en octubre de 1983, uno de los calentadores dejó de funcionar correctamente por falta de mantenimiento por parte de uno de los derechohabientes. El que sigue funcionando, no ha dejado de proporcionar agua caliente desde que se instaló, excepto durante unos quince días (espaciados) cuando ha habido nublados totales y la lluvia no cesa en todo el día.

LA PAZ, B.C.S.: Por el elevado nivel de asoleamiento en la localidad, el calentamiento de agua ha resultado un éxito. No obstante, en un principio el contratista instaló mal las tuberías de inter-

conexión entre el colector y el termotanque, presentándose algunos problemas con la circulación termosifónica del agua. Al supervisar la instalación, se corrigieron estos problemas y los calentadores funcionan desde entonces eficientemente. Se ha encontrado cierto deterioro en el recubrimiento ennegrecido del colector debido al intenso asoleamiento.

CD. CUAUHEMOC, CHIH.: Estos calentadores fueron diseñados con un sistema de intercambiador de calor en el termotanque, para evitar congelamiento en invierno. Durante el primer año, aunque las temperaturas fueron generalmente aceptables, se encontraron problemas de rotura de tuberías por congelación en época de frío, debido a que el aislamiento térmico de los mismos resultó insuficiente. Una vez que se corrigió este problema, los calentadores han funcionado sin mayores inconvenientes.

SISTEMA AUTOMATICO DE ADQUISICION DE DATOS TERMICOS, SOLARIMETRICOS Y METEOROLOGICOS:

El IIMASS-UNAM, desarrolló un equipo electrónico de captura de datos, de poco consumo energético, registrando horariamente información sobre las siguientes variables indispensables para la evaluación del comportamiento térmico de las viviendas solares: temperatura ambiente (exterior e interior), humedad relativa (exterior e interior), radiación global (global y difusa), velocidad y dirección del viento, temperatura del globo en interiores (radiación del entorno interior), temperaturas en depósitos de almacenamiento térmico y dispositivos varios. Toda la información se graba en un cassette con una autonomía de operación de 60 días. La información correspondiente, se encuentra actualmente procesándose por microcomputadora para evaluar el balance térmico de los prototipos. Los resultados se publicarán próximamente.

CONCLUSIONES:

Los resultados obtenidos hasta el presente de las investigaciones realizadas y descritas de manera general y sintetizadas en este artículo, permiten constatar que es factible el aprovechamiento del sol, el viento y el enfriamiento estructural nocturno en grado suficiente, para dotar de condiciones de bienestar fisiológico, el interior de viviendas de muy bajo costo (en climas en ocasiones muy rigurosos), mediante tecnologías y métodos de diseño, que más que adecuados, resultan simplemente sensatos. De la misma manera que la gente adapta su ropa al clima, los arquitectos y diseñadores, están éticamente obligados a adaptar la envolvente de la vivienda y su entorno a las condiciones del medio físico imperantes. No es justificable de ninguna manera, que se construya el mismo modelo de vivienda, con materiales de construcción idénticos, en climas completamente distintos, ya que es posible diseñarlos aprovechando el potencial que presenta el proceso de adecuación bioclimática y los sistemas pasivos de climatización. Los beneficios que se obtienen en aspectos de salud, bienestar, ecológicos y económicos, hacen impostergable el aprovechamiento de este potencial. Respecto al calentamiento solar de agua para uso doméstico, por lo general ha

tenido éxito, sin embargo, el elevado costo de los equipos de termosifón, hace difícil su incorporación en vivienda de interés social y popular. Es por tanto recomendable, impulsar otros sistemas, especialmente los calentadores solares de vitrina, también llamados autocontenidos o integrales, que incorporan el tanque de agua caliente y el colector en un sólo elemento.

RECONOCIMIENTOS:

El autor expresa su agradecimiento al INFONAVIT, en especial al Arq. M. Rebolledo Z., por su decidido apoyo en la realización de los proyectos descritos; al Arq. R. Gabilondo y al Arq. C. Herrera Lazo, por su interés y colaboración en la interpretación gráfica de las recomendaciones bioclimáticas. Así mismo, agradece al Arq. F. Schnabel, Arq. J. Baez, M. Xicotencatl y personal de las delegaciones de Chihuahua, Baja California Sur y San Luis Potosí de INFONAVIT, su valiosa colaboración y apoyo desde el inicio de proyectos en 1981 (prototipos solares). Al Dr. A. Velazco e Ing. E. Moreno, por su participación en el desarrollo del sistema de adquisición y procesamiento de datos. A la arq. S. Reyes por la preparación del material gráfico. Al Ing. R. Martínez por la supervisión de los sistemas de calentamiento solar de agua. Finalmente se agradece al Sr. A. J. Gallegos, su ayuda en el procesamiento de información y a todos aquellos que de una u otra forma, han colaborado en las investigaciones realizadas y en la preparación de éste documento, y que por disponibilidad de espacio no resulta posible mencionar.

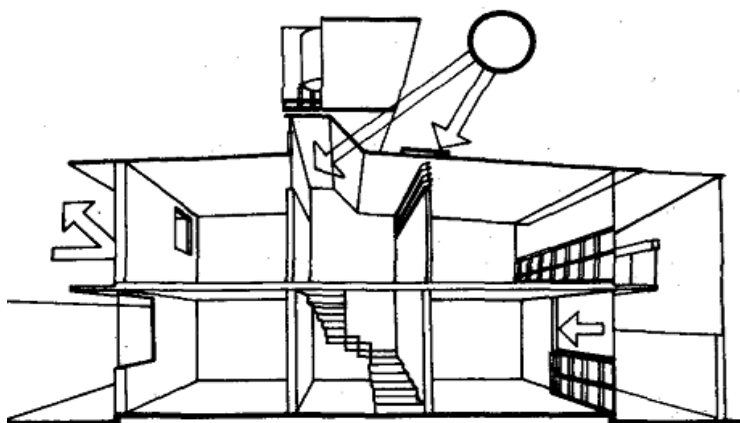
REFERENCIAS:

- ATLAS DEL AGUA, (1976), Secretaría de Recursos Hidráulicos, Méx., D.F.
- DESARROLLO URBANO, (1981), Programa Nal. de Desarrollo Ecológico de los Asentamientos Humanos, SAHOP, Méx., D.F.
- APLICACIONES DE LA ENERGIA SOLAR EN LOS ESPACIOS EDUCATIVOS, (1982), Rev. CONESCAL, No. 58, Méx., D.F.
- Hernández, E., (1983), "A, B, C de la Climatización Natural Mediante Uso Directo e Indirecto de la Energía Solar", Rev. de la ANES, No. 6, Rev. INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA, CONACYT, Jun. 1984, Vol. 6, No. 93.
- Hernández, E., (1984), "Climatización Natural de Vivienda de Interés Social INFONAVIT", Memorias del "Encuentro para la Vivienda", Toluca, E. de M., México (por publicarse).

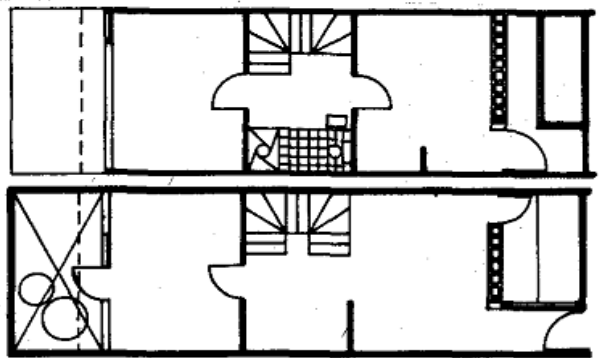
VIVIENDAS SOLARES EN SAN LUIS POTOSI S.L.P.



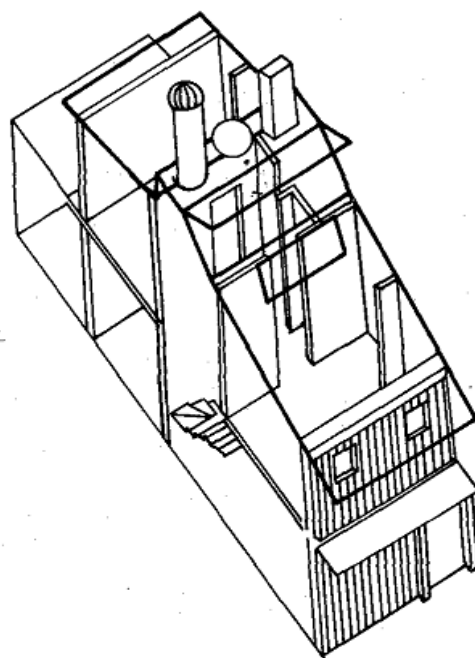
FACHADA SUR CON MURO TROMBE (ISQ.), INVERNADERO (DER).



SECCION DE LA VIVIENDA SOLAR CON INVERNADERO FRONTAL

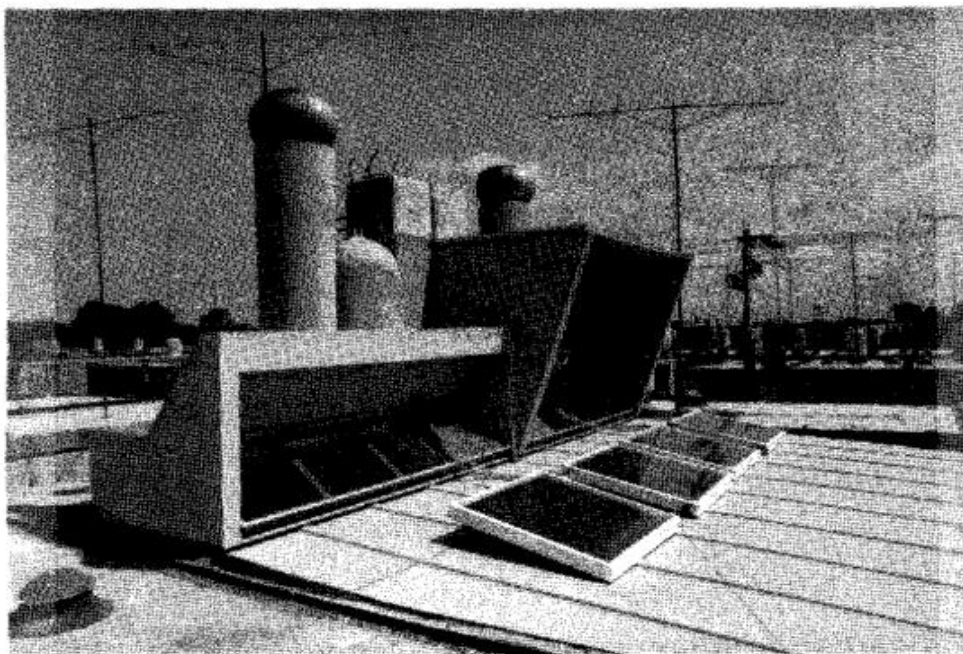


PLANTA INFERIOR Y SUPERIOR DE LA VIVIENDA SOLAR CON INVERNADERO FRONTAL



AXONOMETRICO DE LA VIVIENDA CON MURO TROMBE

VIVIENDAS SOLARES DE SAN LUIS POTOSÍ S.L.P.



ACOTECAS, CALENTADORES SOLARES, PURLINAS EOLICAS Y
TRAYECTOS INCLINADOS.

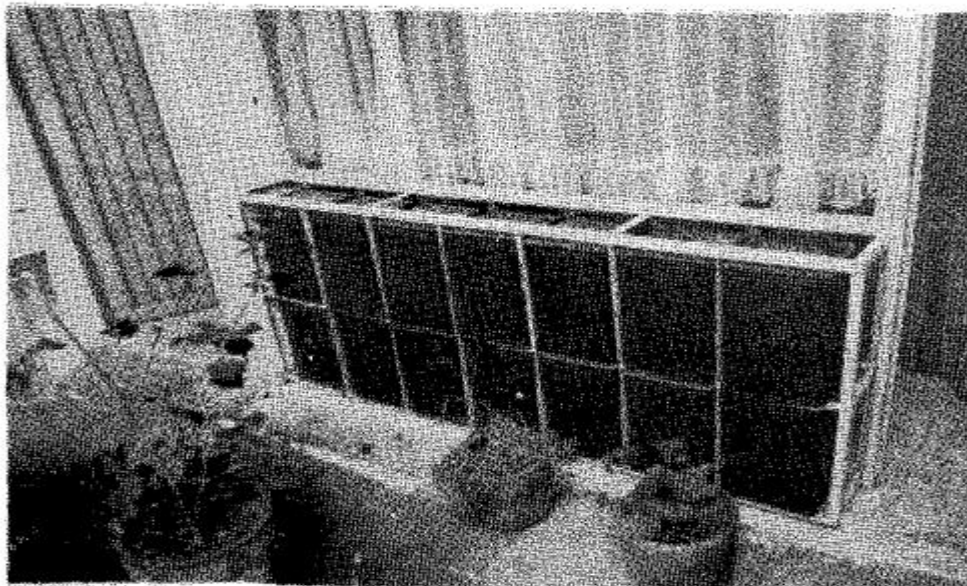


INTERIOR DEL MURO TRONCAL.

VIVIENDAS SOLARES DE SAN LUIS POTOSI S.L.P.

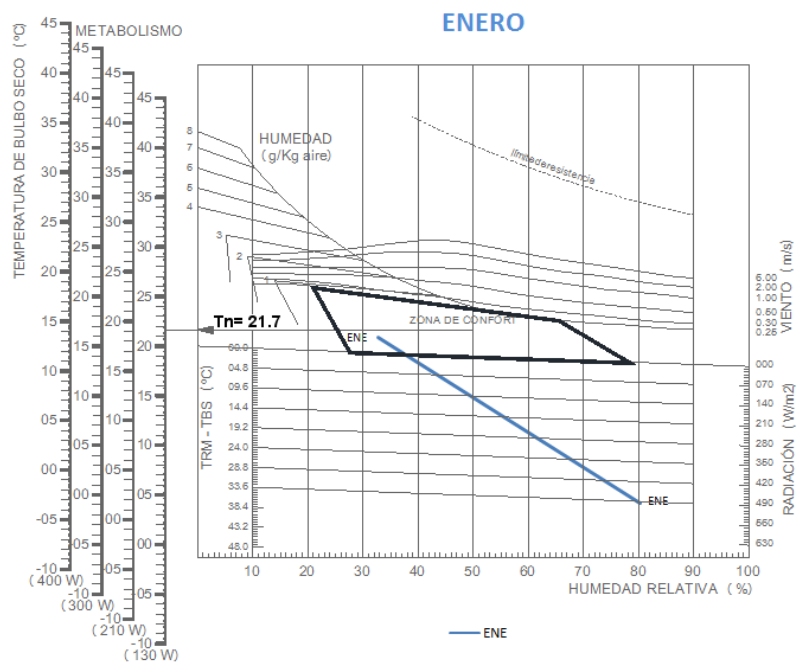


INSTALACION DE TERMOMETROS ELECTRONICOS
EN EL MURO TROMBE

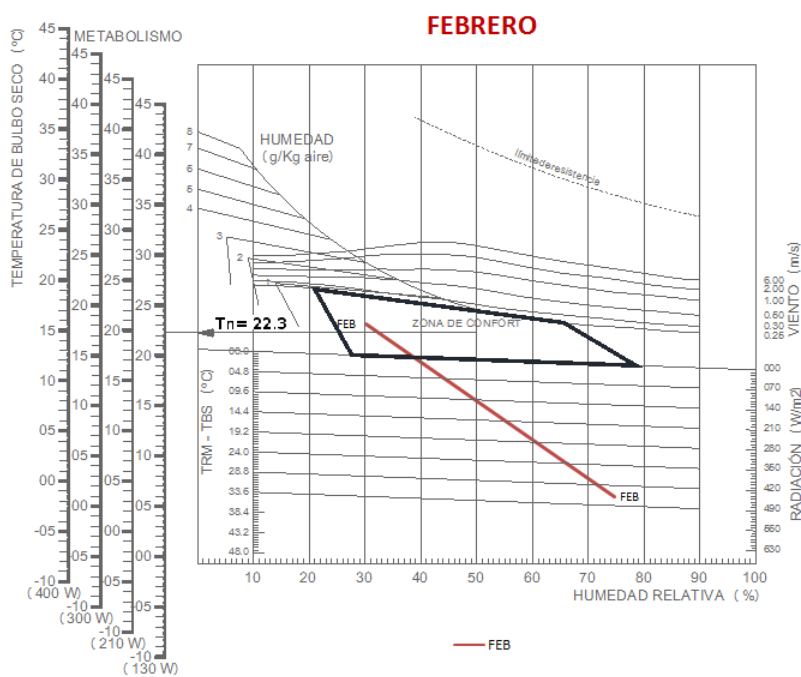


ALMACENAMIENTO TERMICO EN LATAS NEGRAS CON AGUA.
EN EL INTERIOR DE LA VIVIENDA CON INVERNADERO

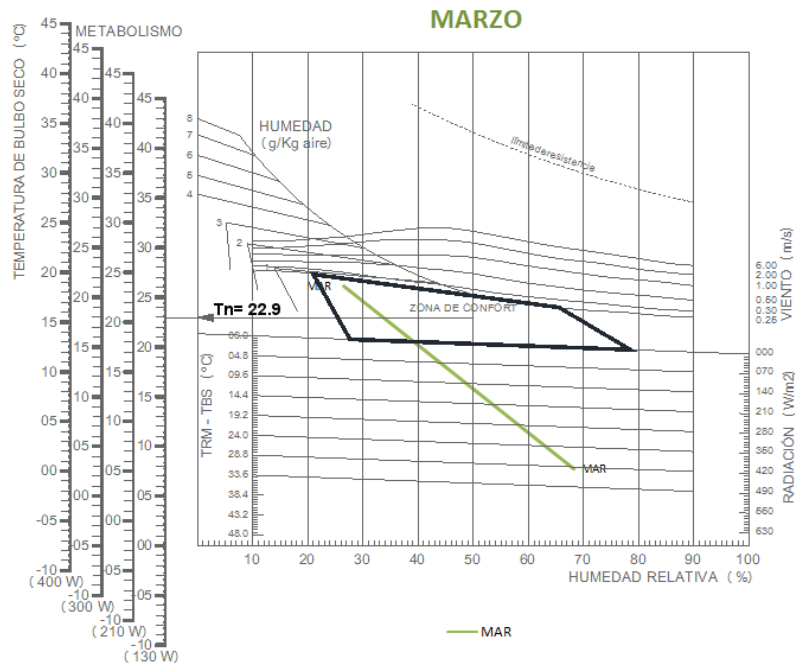
Diagramas bioclimáticos mensuales



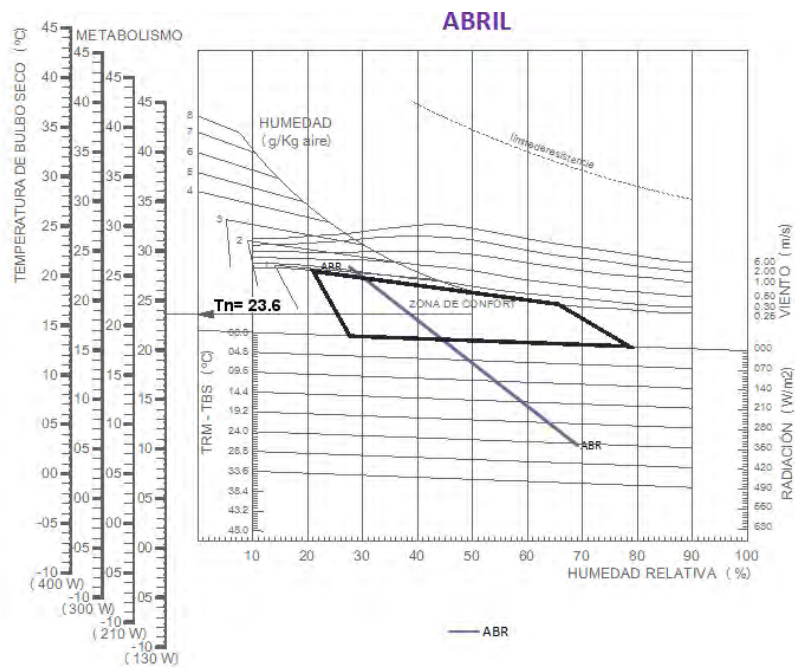
Gráfica de anexos 1: Diagrama bioclimático mensual, enero



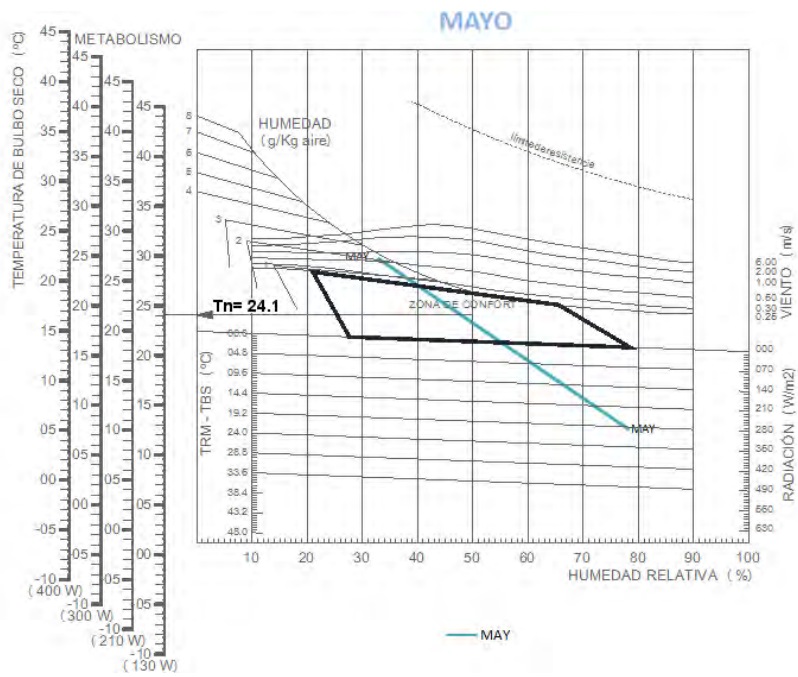
Gráfica de anexos 2: Diagrama bioclimático mensual, febrero



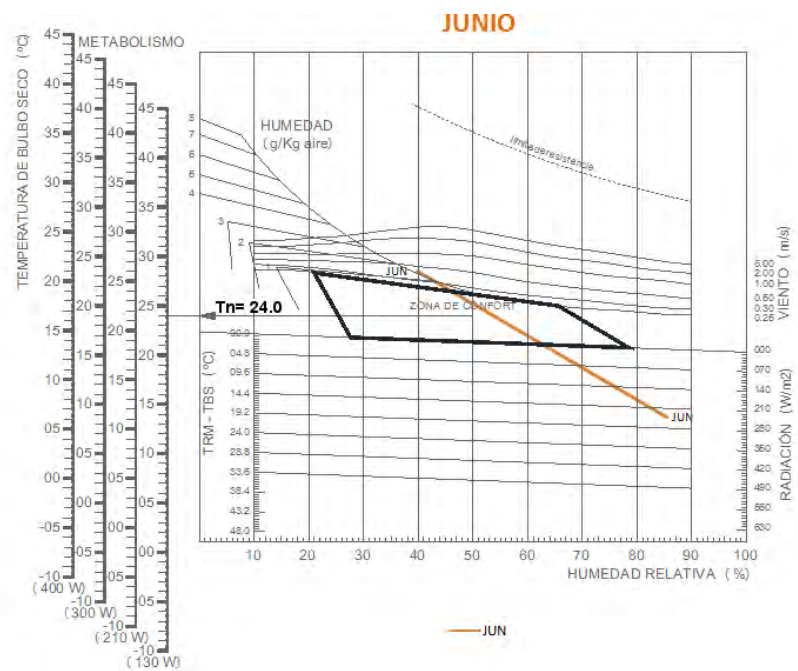
Gráfica de anexos 3: Diagrama bioclimático mensual, marzo



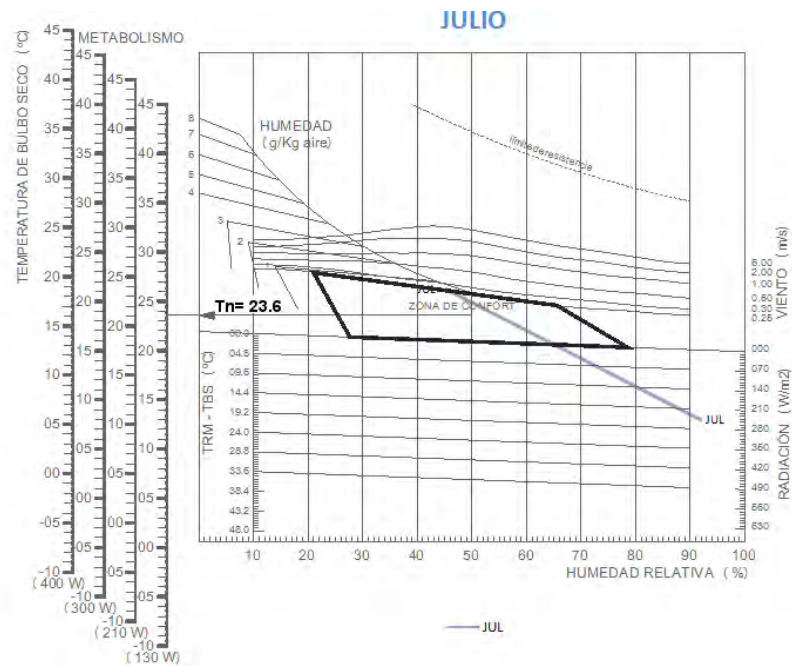
Gráfica de anexos 4: Diagrama bioclimático mensual, abril



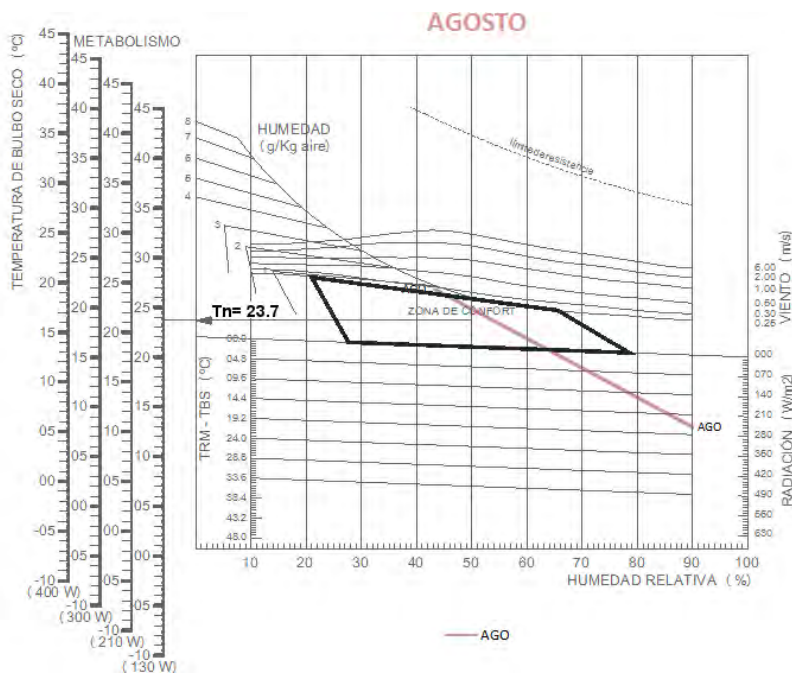
Gráfica de anexos 5 Diagrama bioclimático mensual, mayo



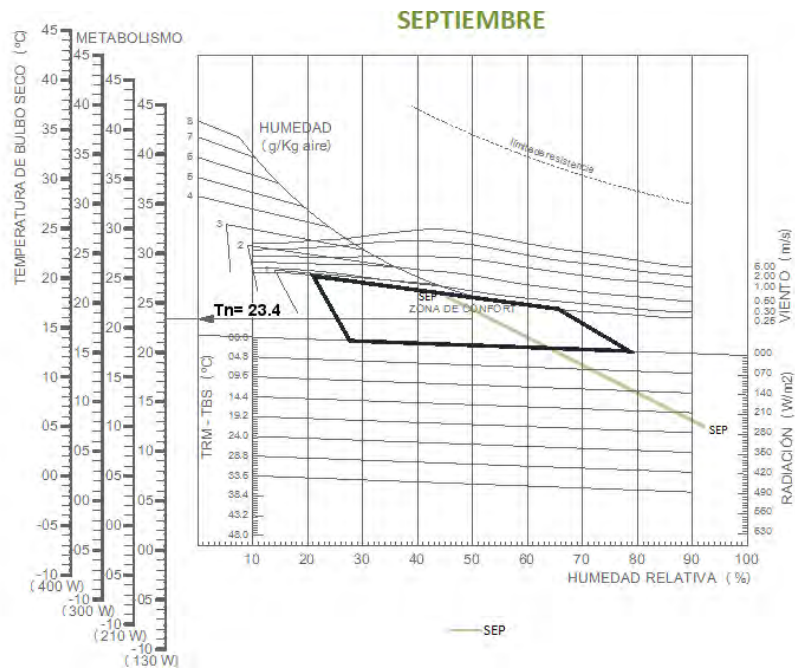
Gráfica de anexos 6: Diagrama bioclimático mensual, junio



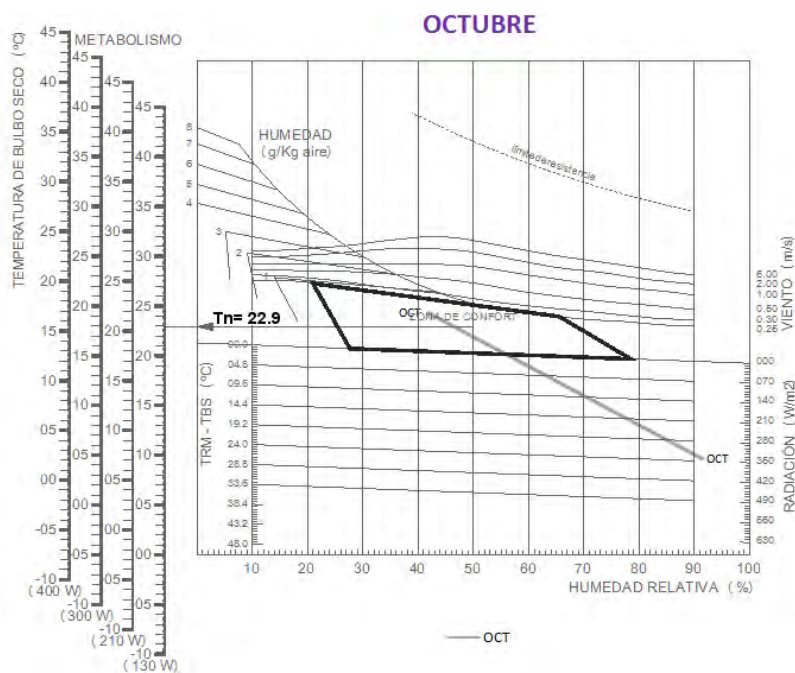
Gráfica de anexos 7: Diagrama bioclimático mensual, julio



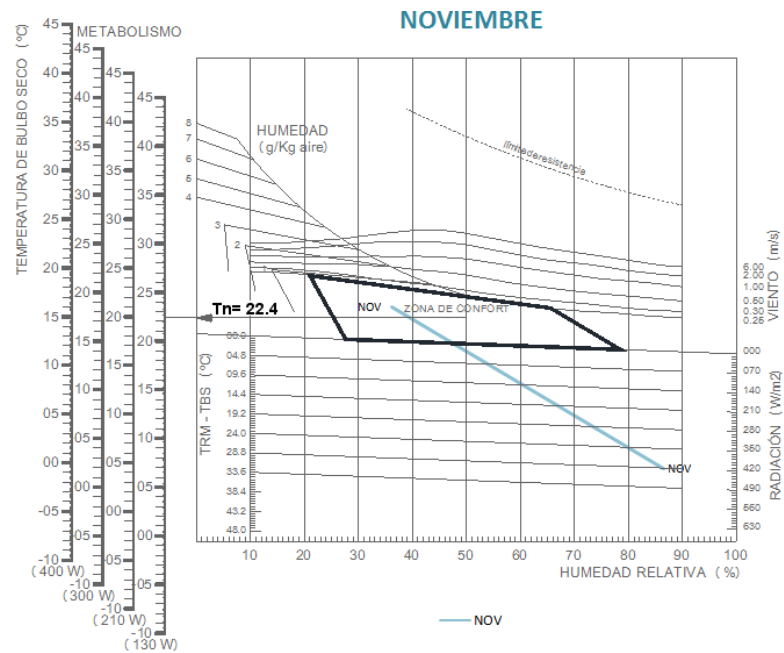
Gráfica de anexos 8: Diagrama bioclimático mensual, agosto



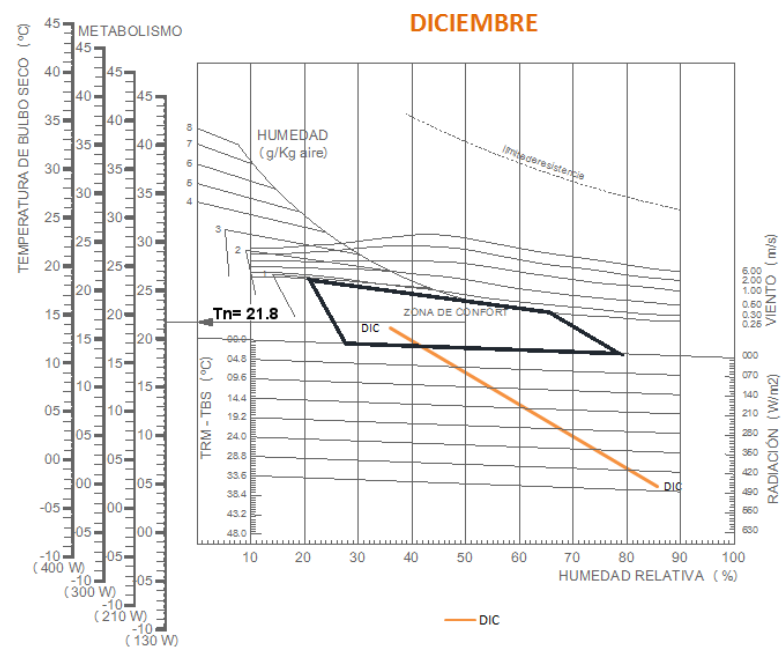
Gráfica de anexos 9: Diagrama bioclimático mensual, septiembre



Gráfica de anexos 10: Diagrama bioclimático mensual, octubre



Gráfica de anexos 11: Diagrama bioclimático mensual, noviembre



Gráfica de anexos 12: Diagrama bioclimático mensual, diciembre

Diagramas psicrométricos mensuales

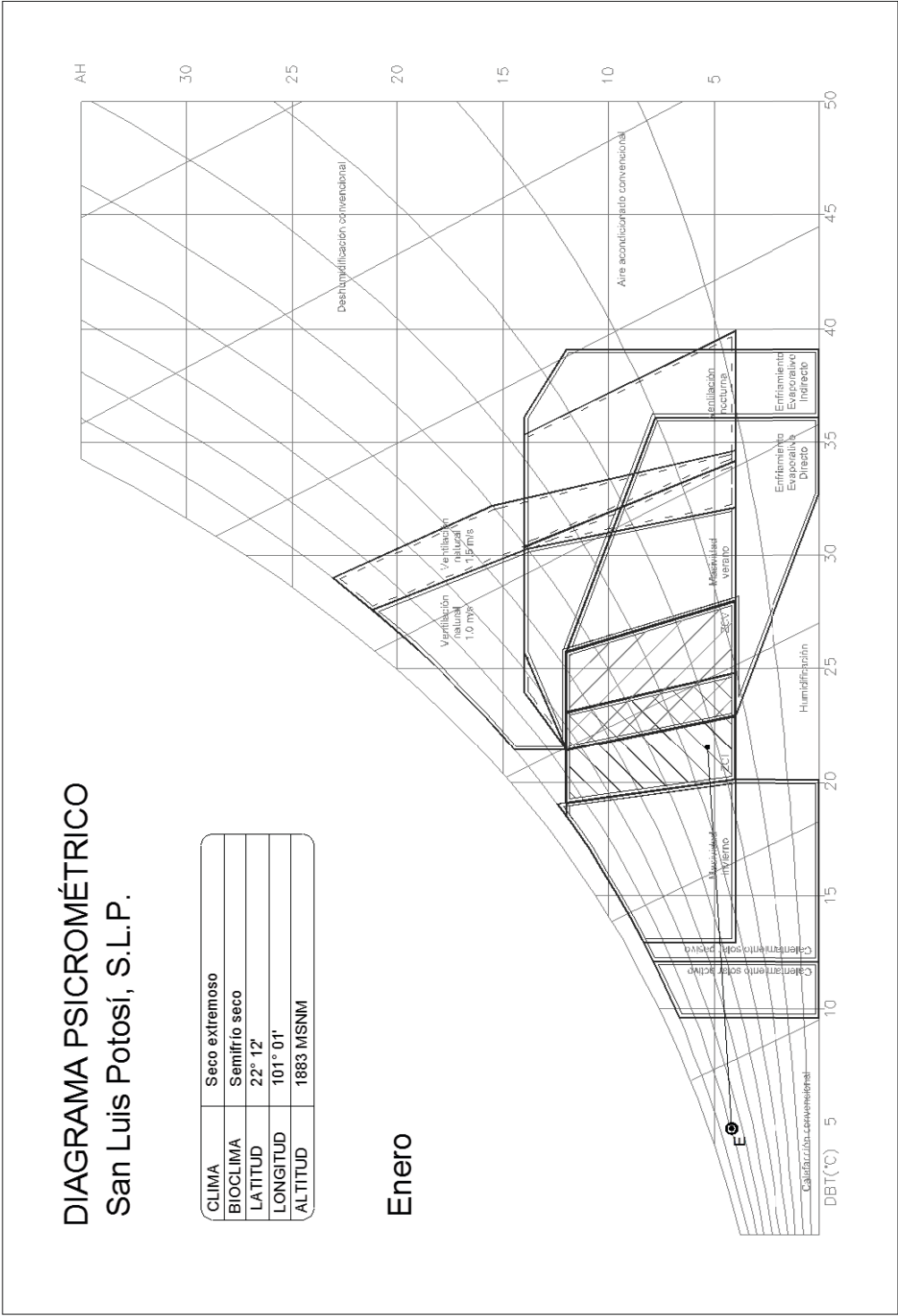
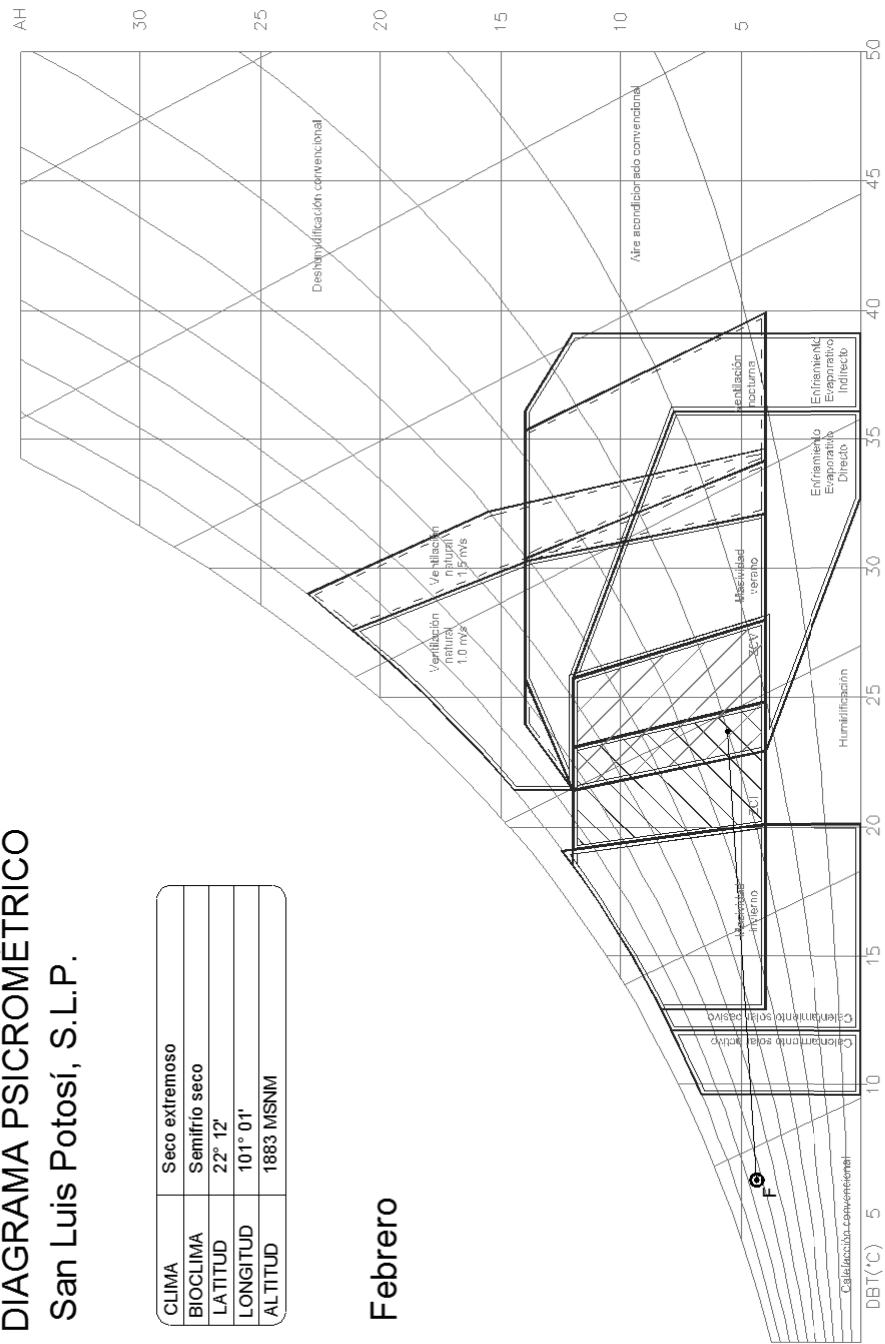


DIAGRAMA PSICROMÉTRICO

San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremo
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Febrero



Gráfica de anexos 14: Diagrama psicrométrico mensual, febrero

CLIMA	Seco extremo
BIOClima	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

CLIMA	Seco extremo
BIOClima	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Marzo

XIX

CLIMA	Seco extremo
BIOClima	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO
San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremoso
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Abril

Psychrometric chart showing the process for April in San Luis Potosí, S.L.P. The chart includes the following data points and processes:

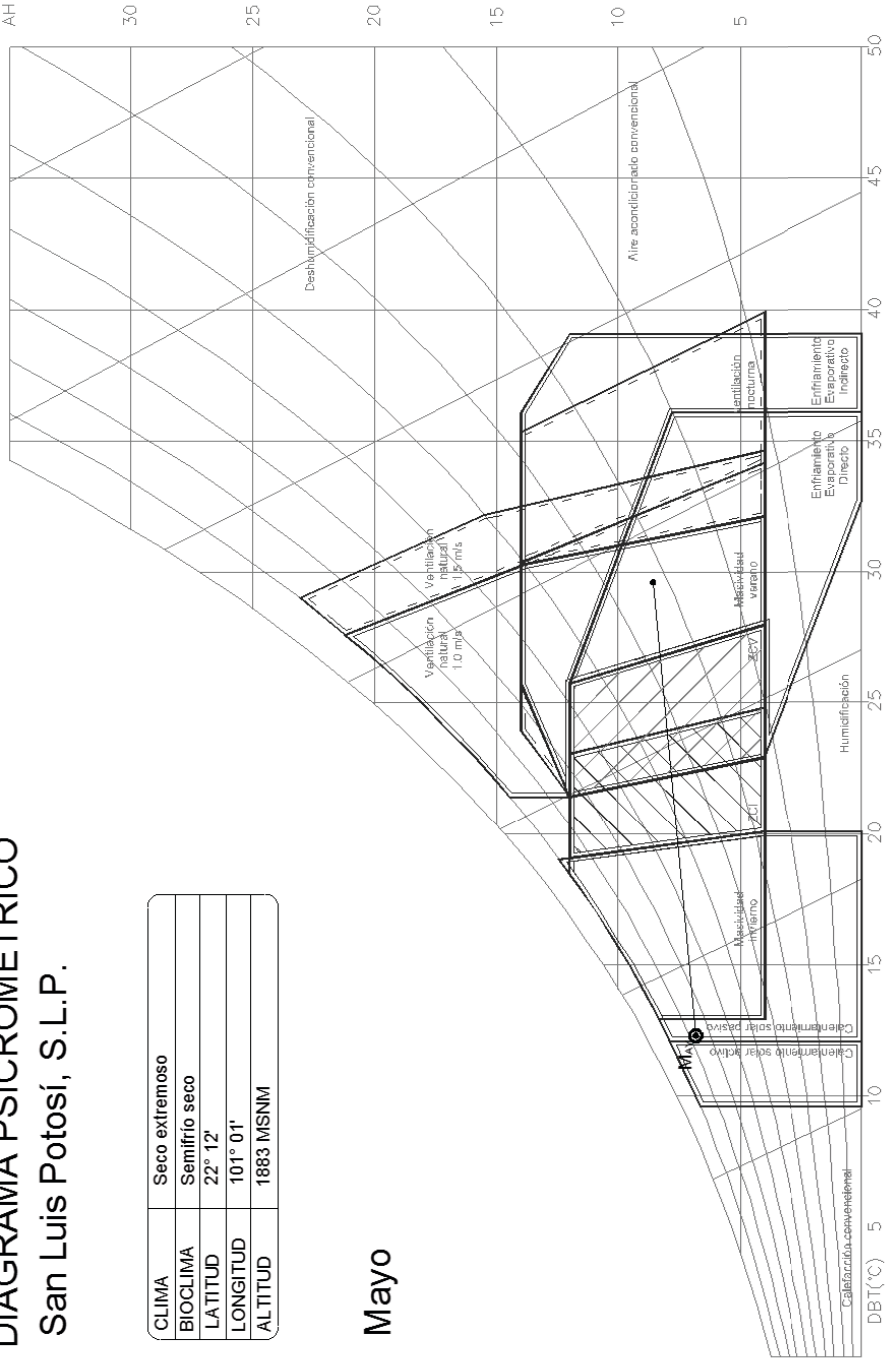
- Outdoor Air (1):** DBT = 28°C, RH = 18%.
- Supply Air (2):** DBT = 18°C, RH = 10%.
- Reheat Air (3):** DBT = 22°C, RH = 10%.
- Wet-bulb temperature line:** 18°C.
- Dry-bulb temperature line:** 28°C.
- Processes:**
 - 1-2:** Cooling and dehumidification.
 - 2-3:** Reheat.

XX

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremoso
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Mayo

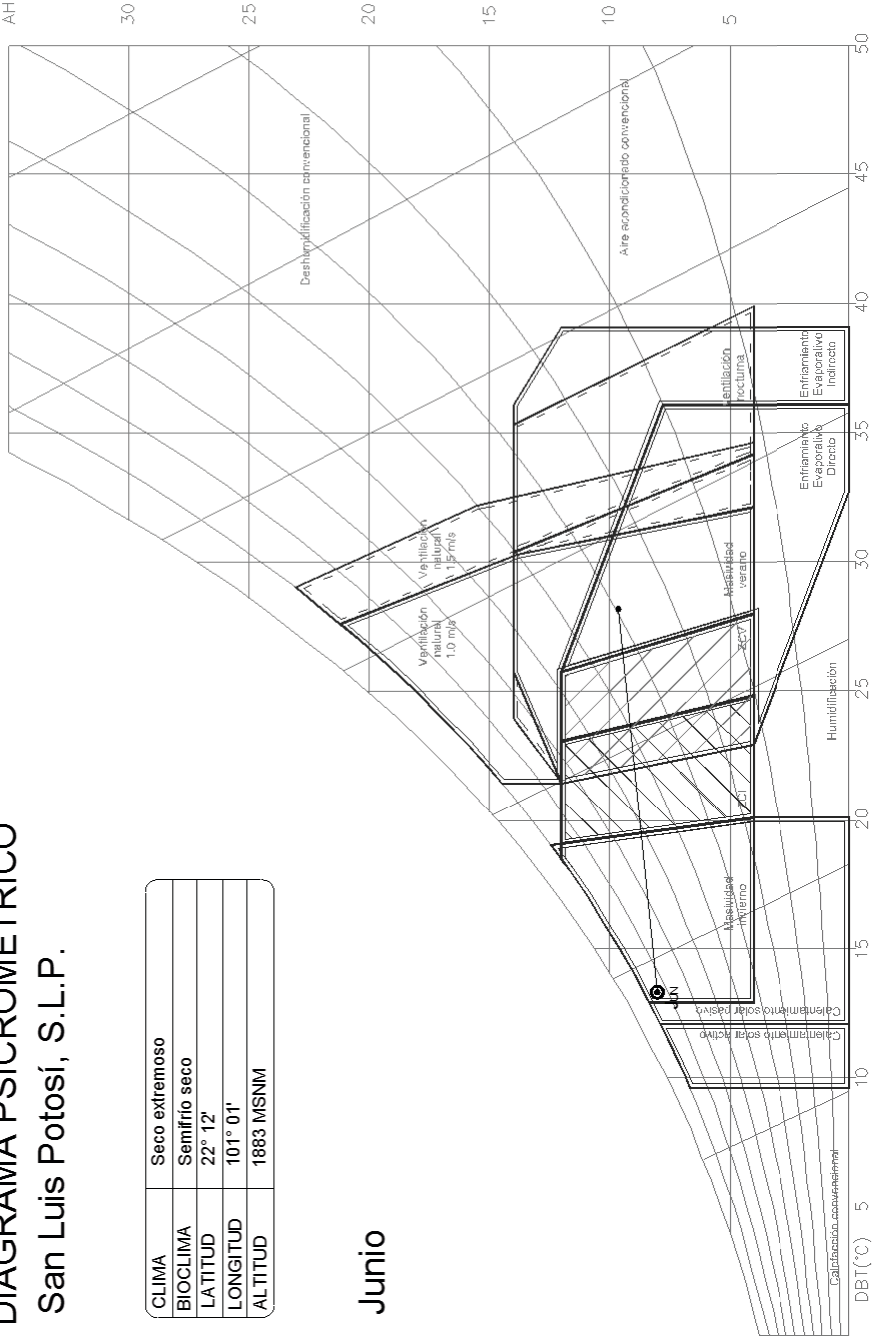


Gráfica de anexos 17: Diagrama psicrométrico mensual, mayo

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremo
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Junio

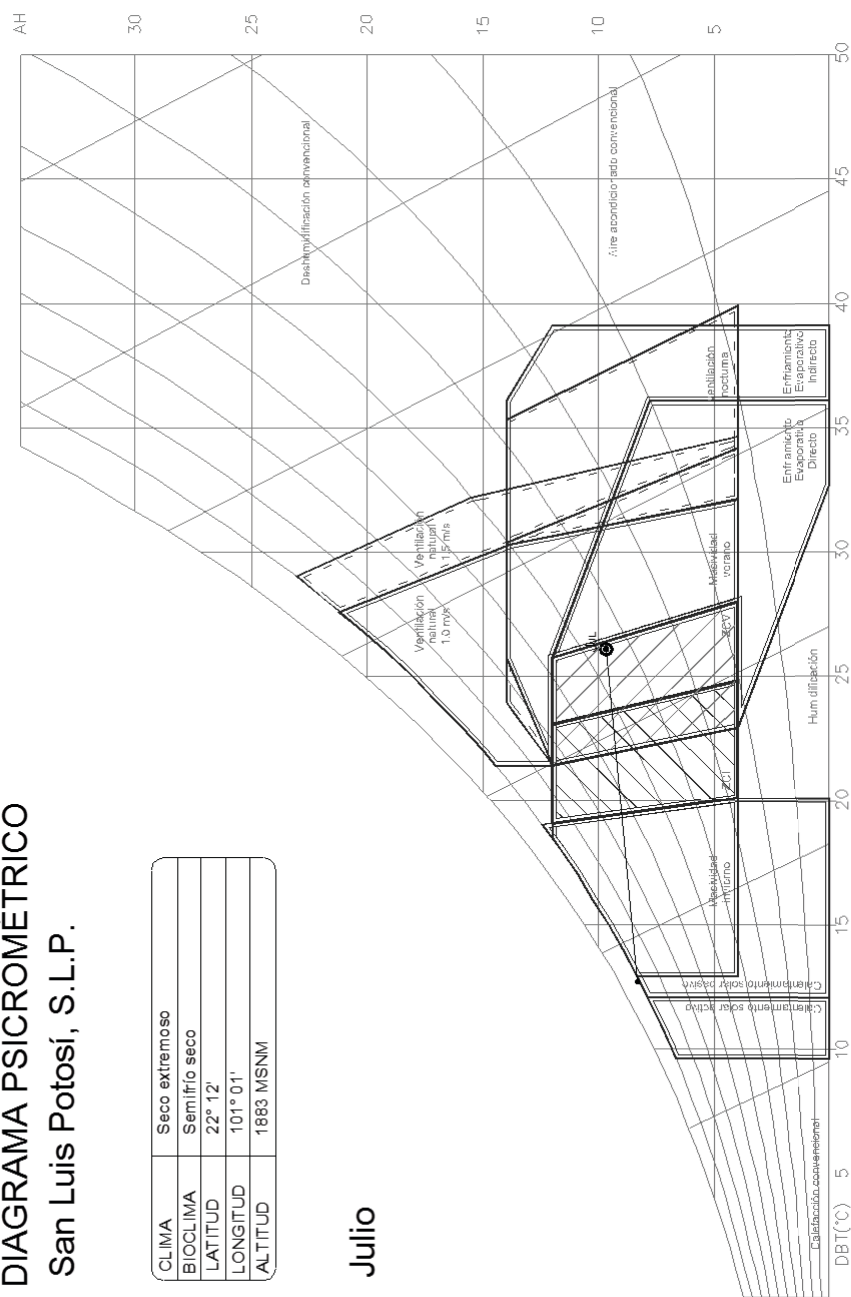


Gráfica de anexos 18: Diagrama psicrométrico mensual, junio

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremo
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Julio

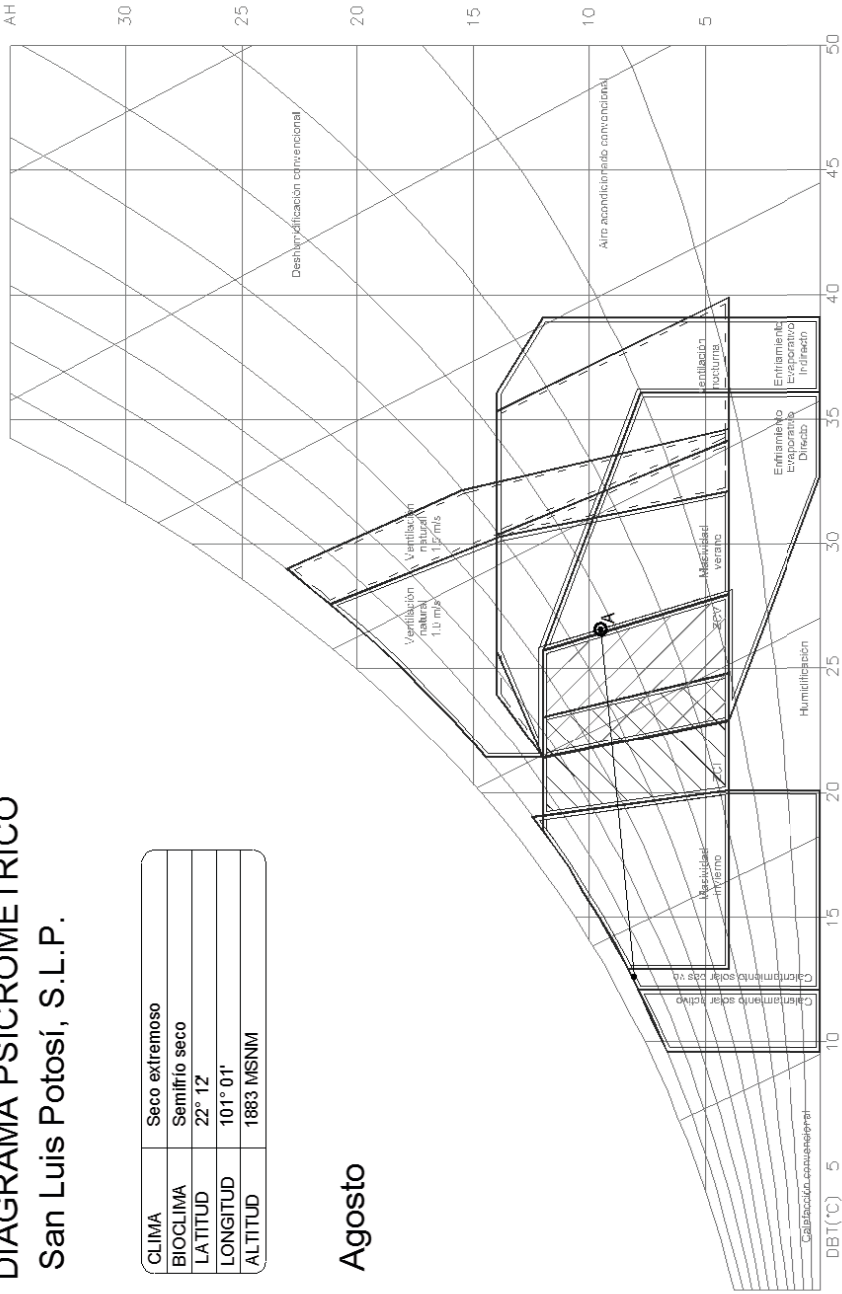


Gráfica de anexos 19: Diagrama psicrométrico mensual, julio

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremo
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Agosto

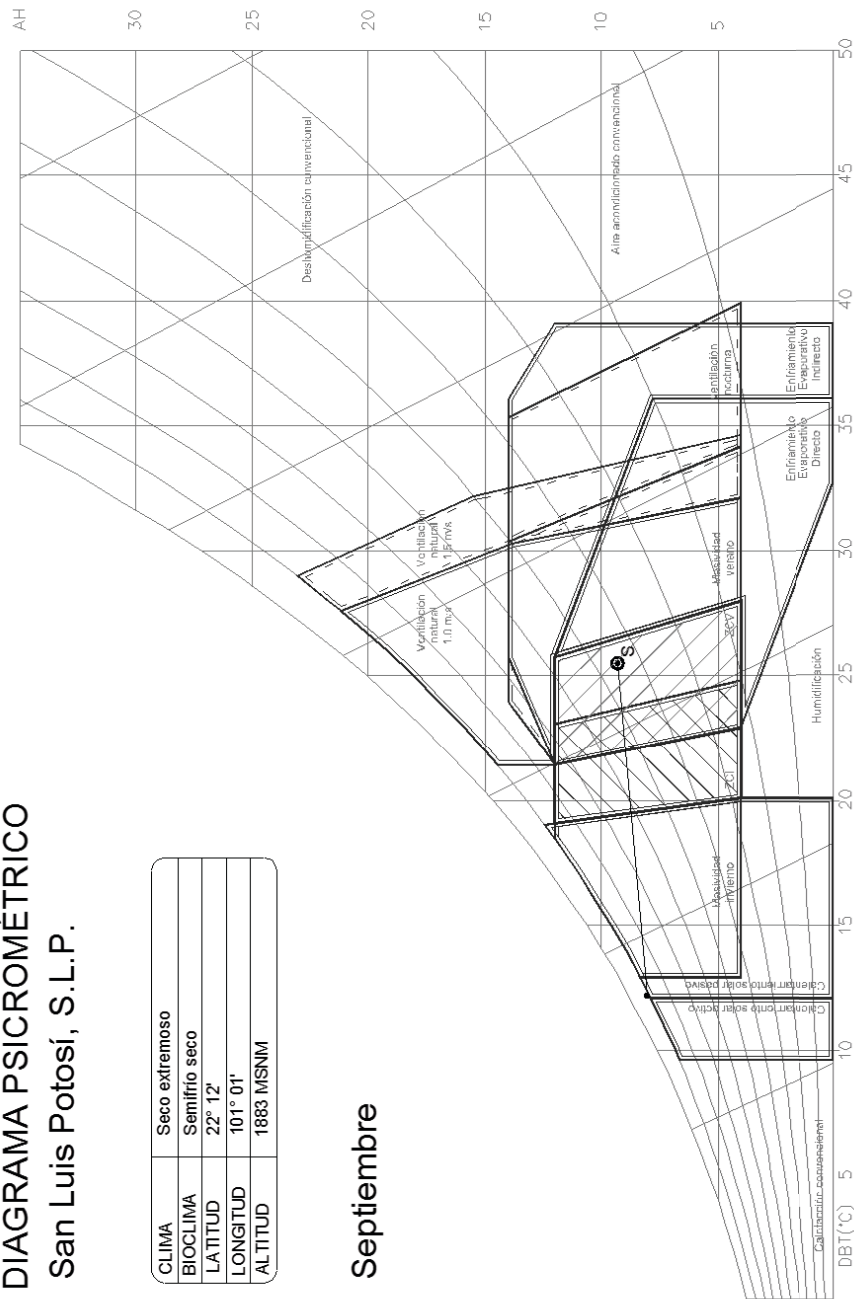


Gráfica de anexos 20: Diagrama psicrométrico mensual, agosto

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremo
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Septiembre

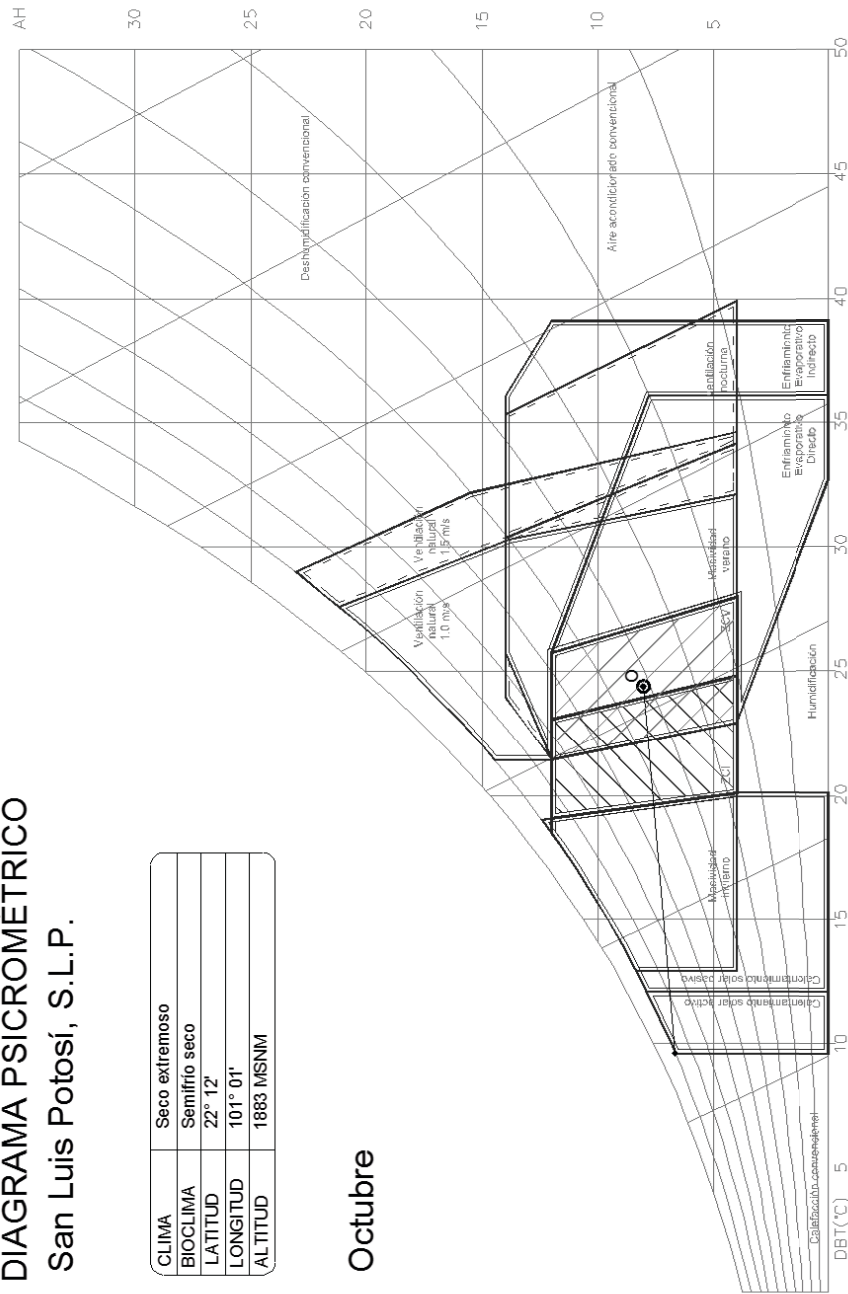


Gráfica de anexos 21: Diagrama psicrométrico mensual, septiembre

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremo
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

Octubre

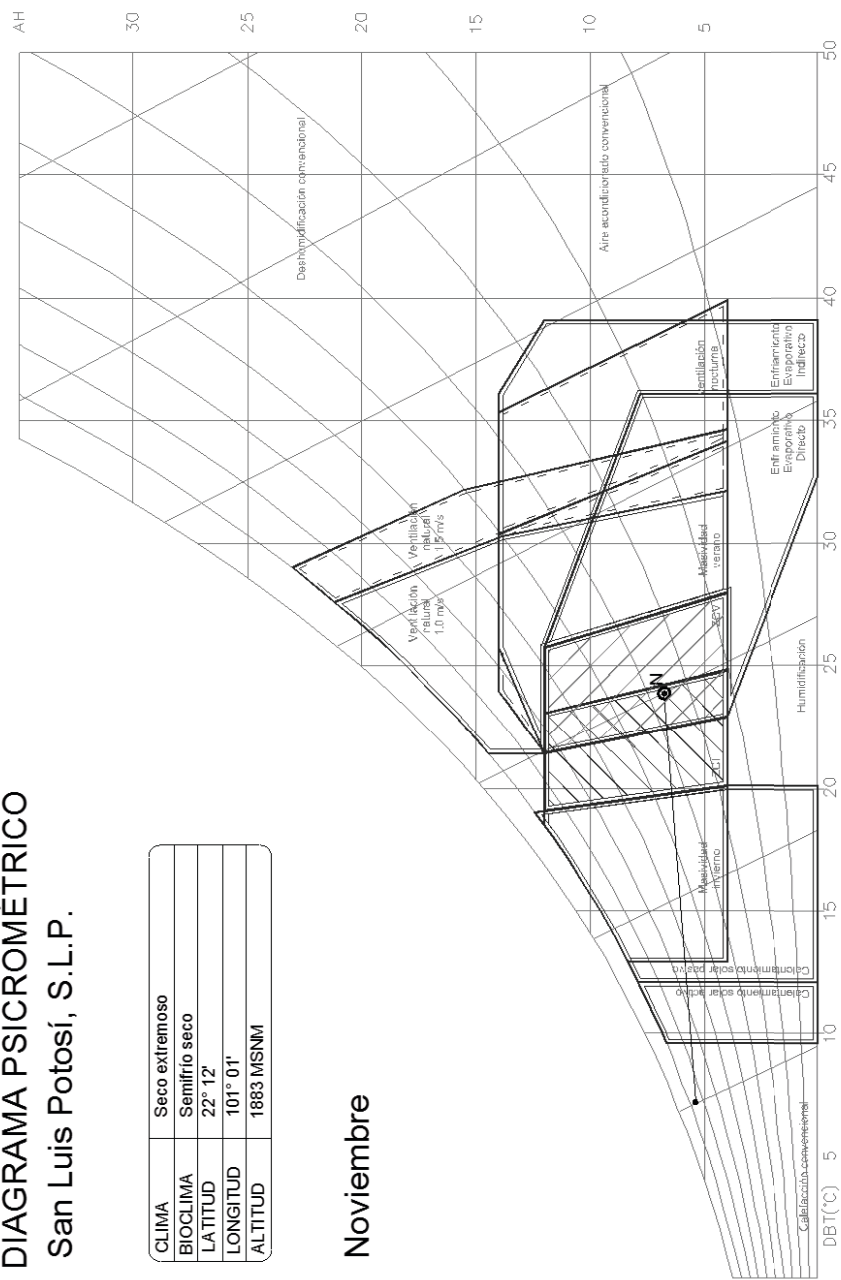


Gráfica de anexos 22: Diagrama psicrométrico mensual, octubre

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO San Luis Potosí, S.L.P.

CLIMA	Seco extremoso
BIOCLIMA	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

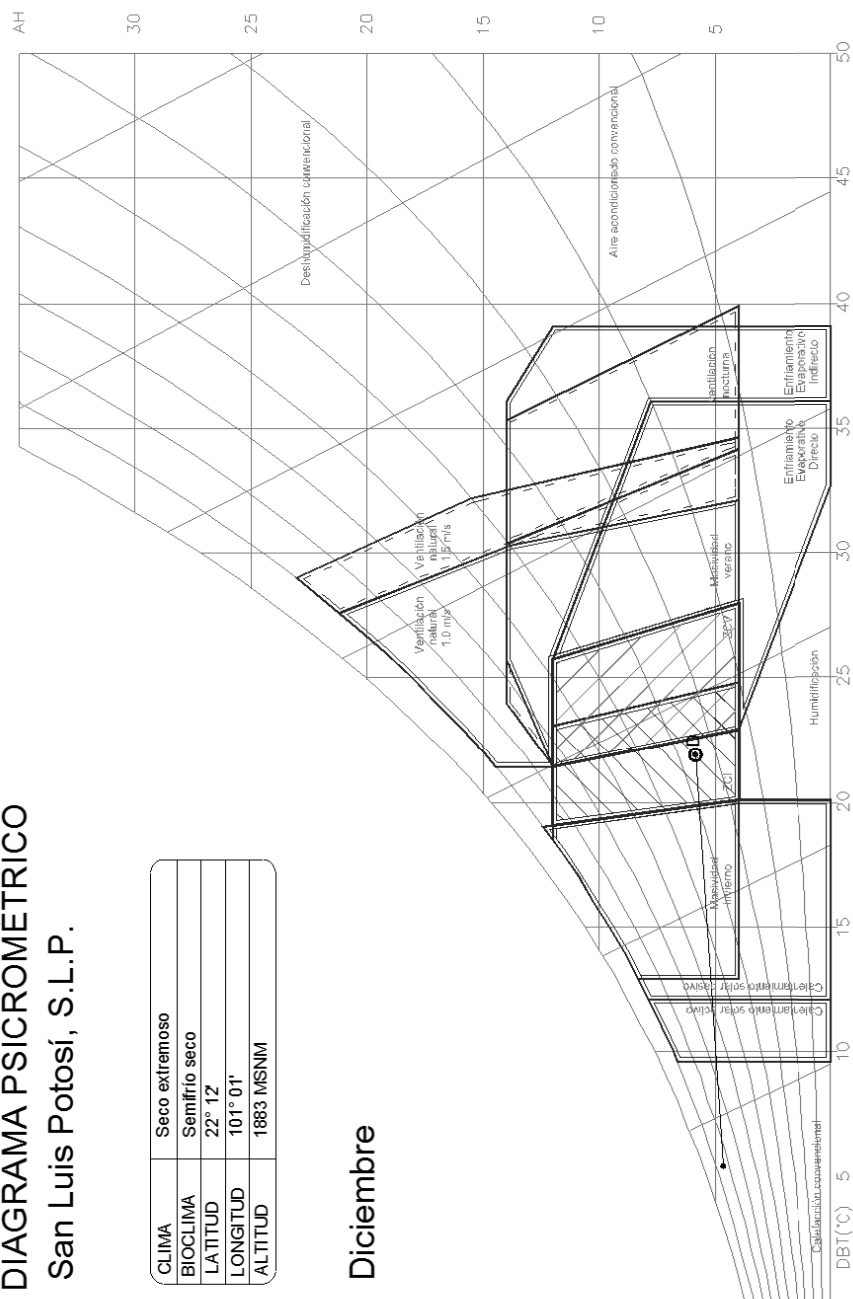
Noviembre



Gráfica de anexos 23: Diagrama psicrométrico mensual, noviembre

CLIMA	Seco extremo
BIOClima	Semifrio seco
LATITUD	22° 12'
LONGITUD	101° 01'
ALTITUD	1883 MSNM

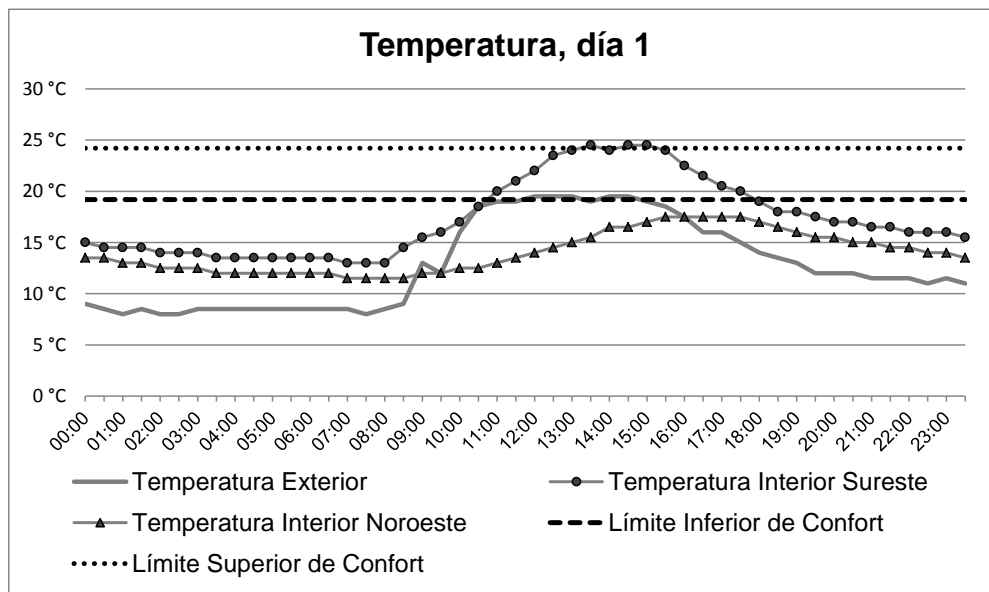
Diciembre



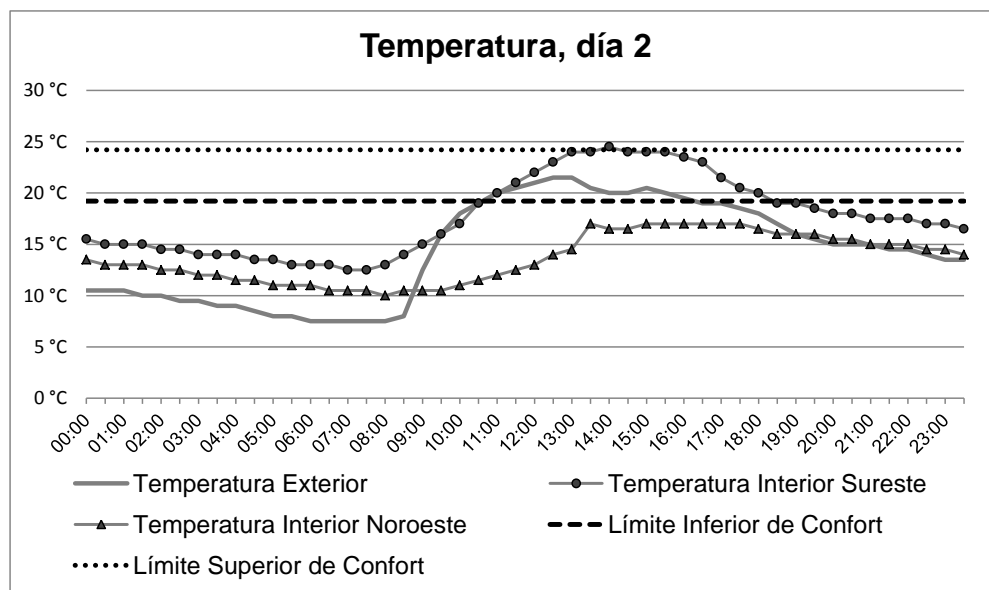
XXVIII

Comportamiento térmico diario – invierno

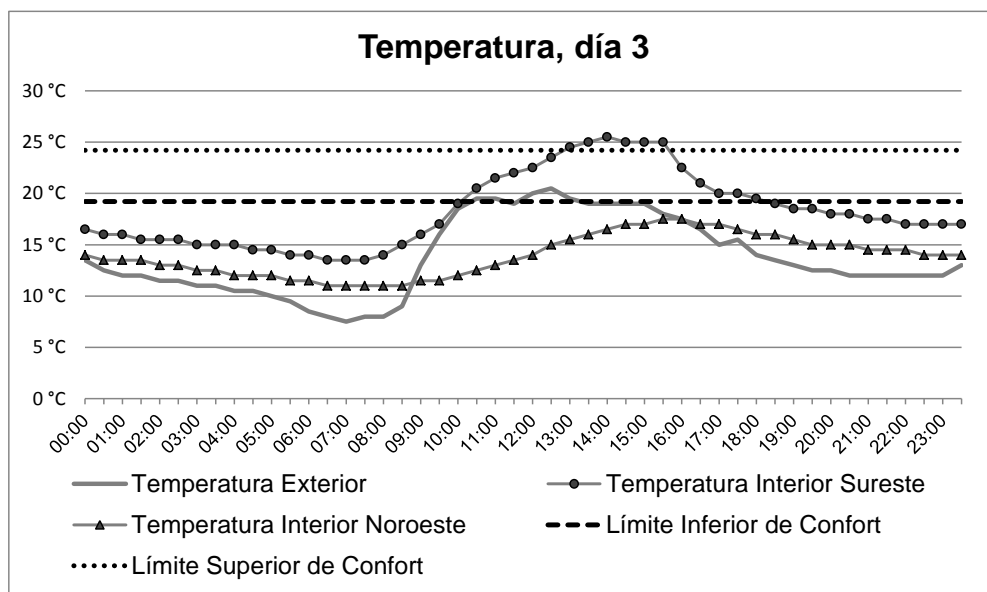
Habitación frontal



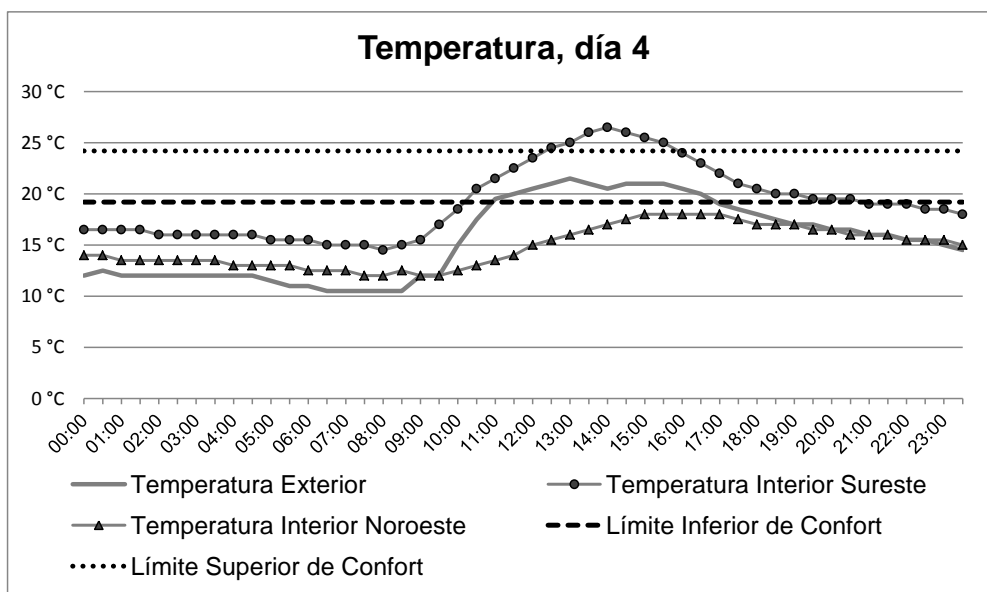
Gráfica de anexos 25: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, primer día de monitoreo



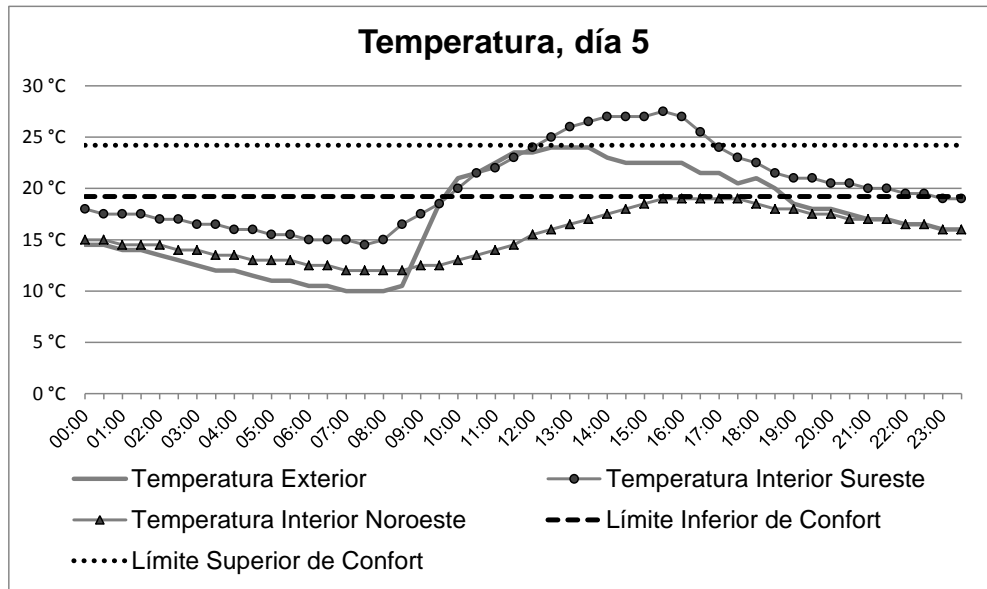
Gráfica de anexos 26: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, segundo día de monitoreo



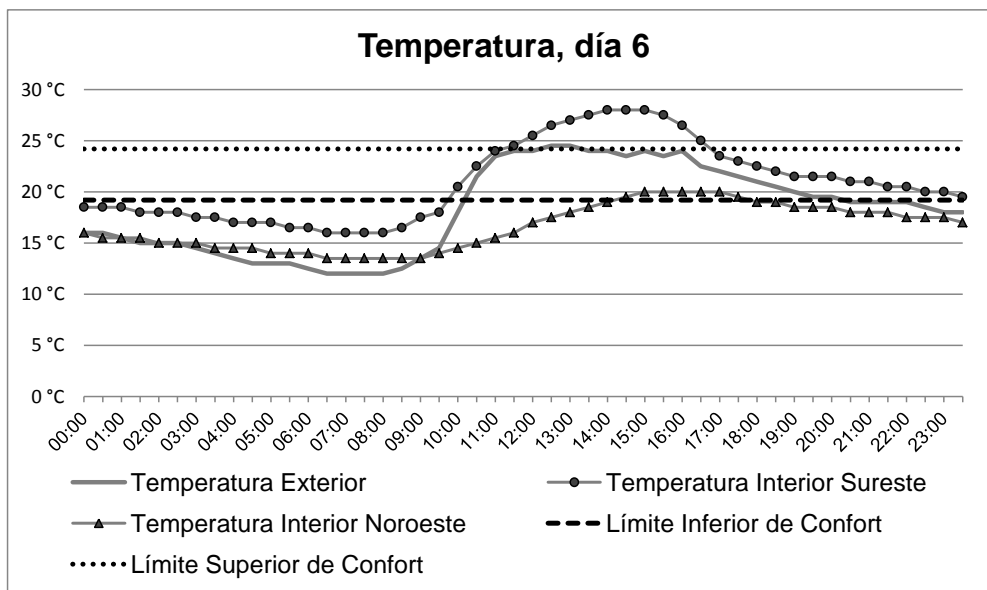
Gráfica de anexos 27: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, tercer día de monitoreo



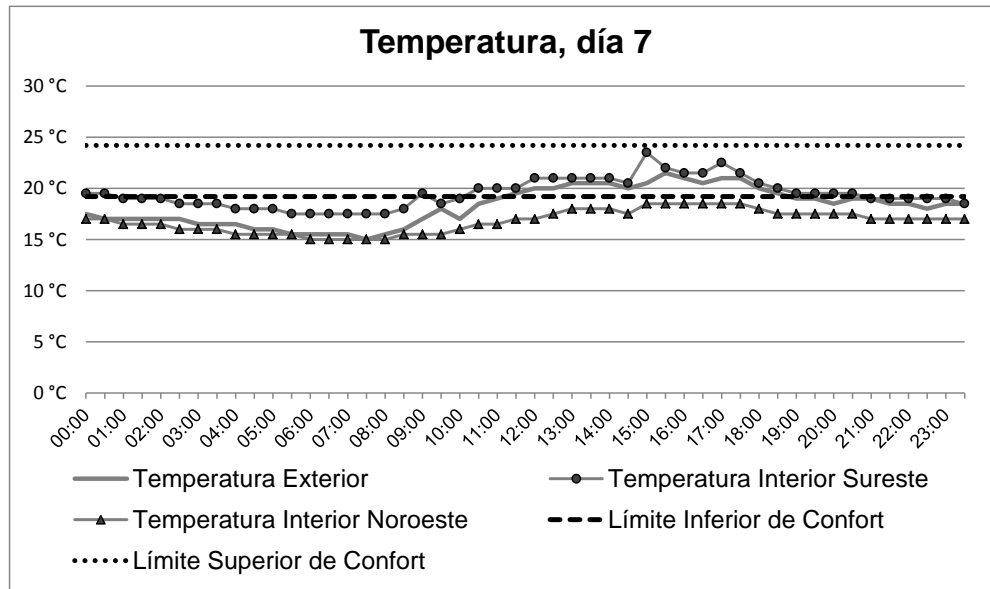
Gráfica de anexos 28: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, cuarto día de monitoreo



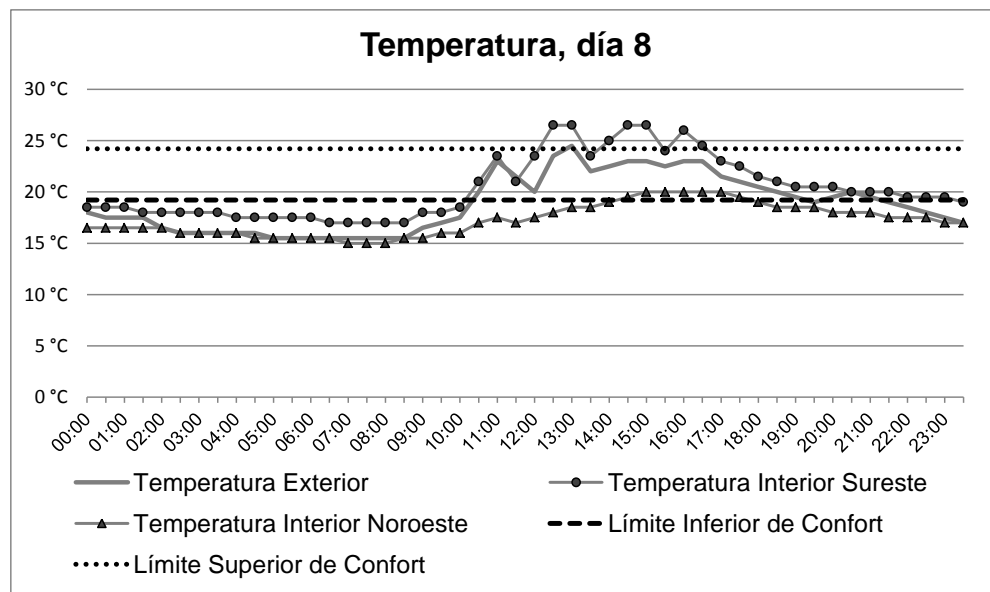
Gráfica de anexos 29: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, quinto día de monitoreo



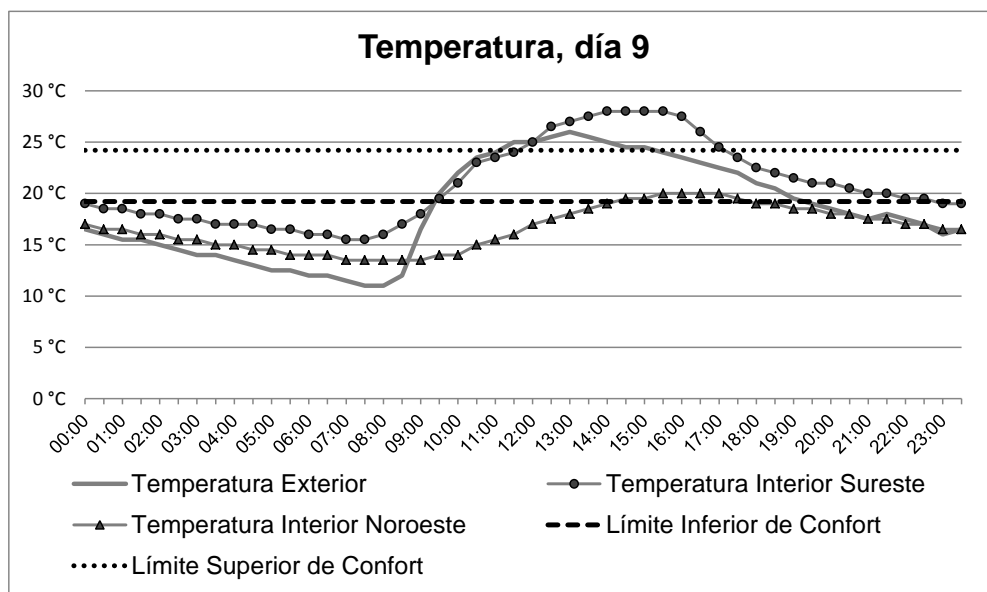
Gráfica de anexos 30: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, sexto día de monitoreo



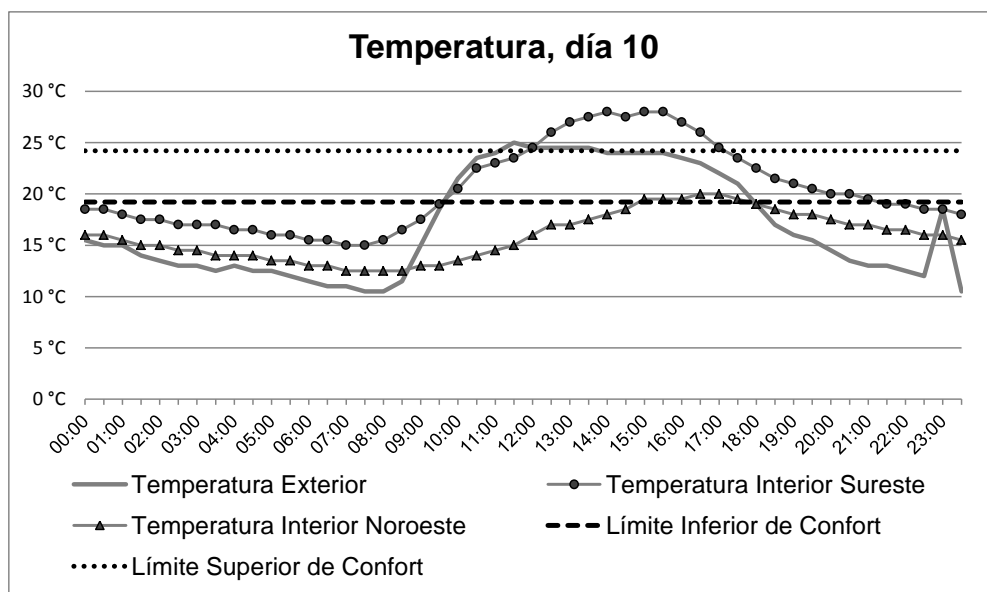
Gráfica de anexos 31: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, séptimodía de monitoreo



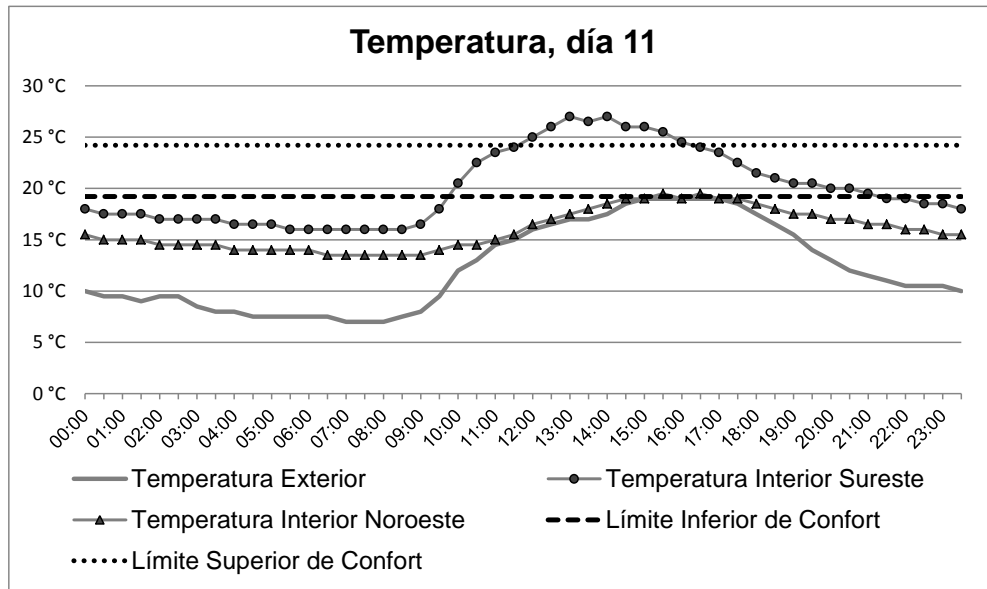
Gráfica de anexos 32: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, octavo día de monitoreo



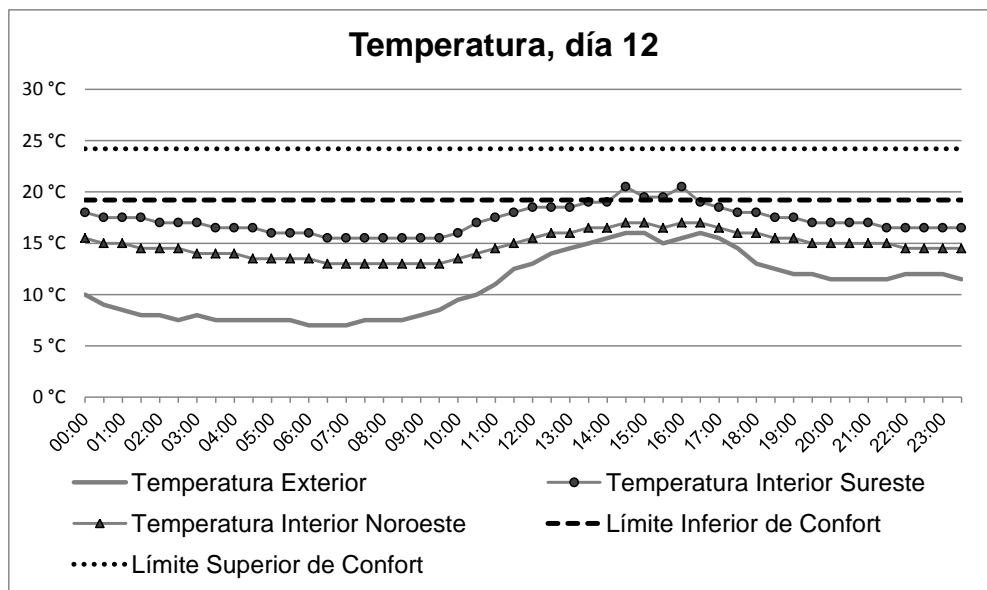
Gráfica de anexos 33: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, noveno día de monitoreo



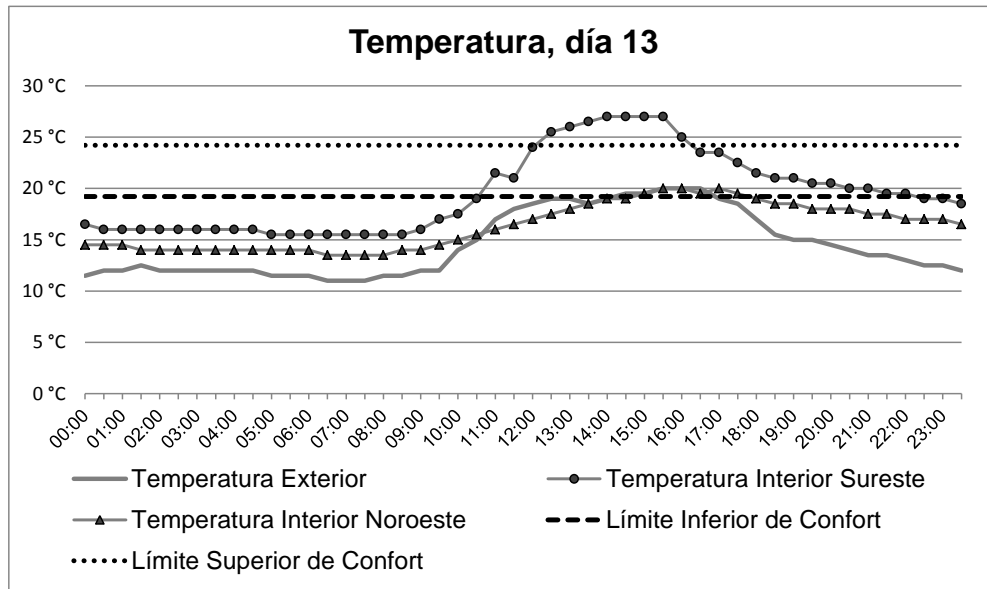
Gráfica de anexos 34: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo día de monitoreo



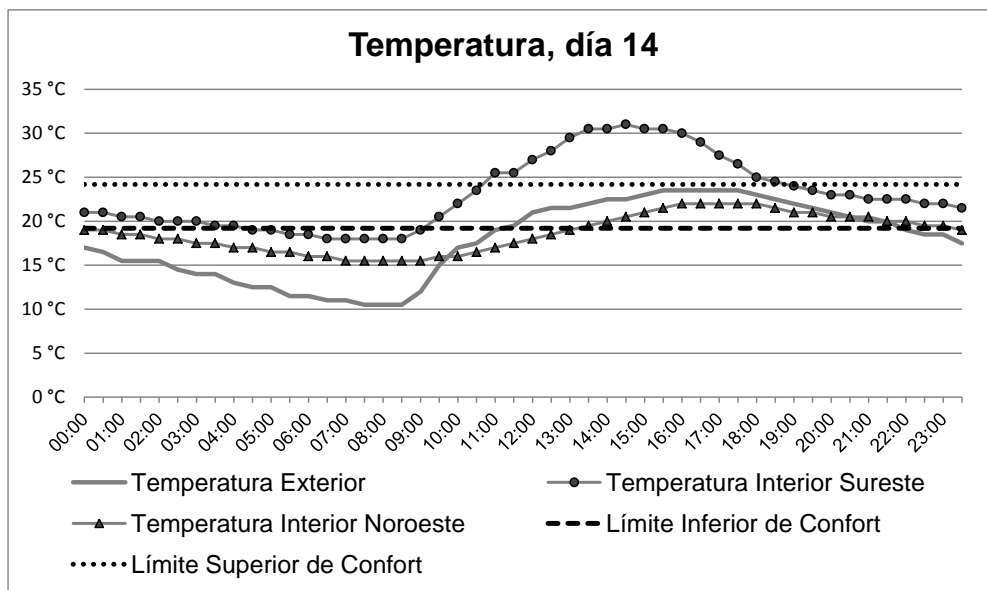
Gráfica de anexos 35: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo primer día de monitoreo



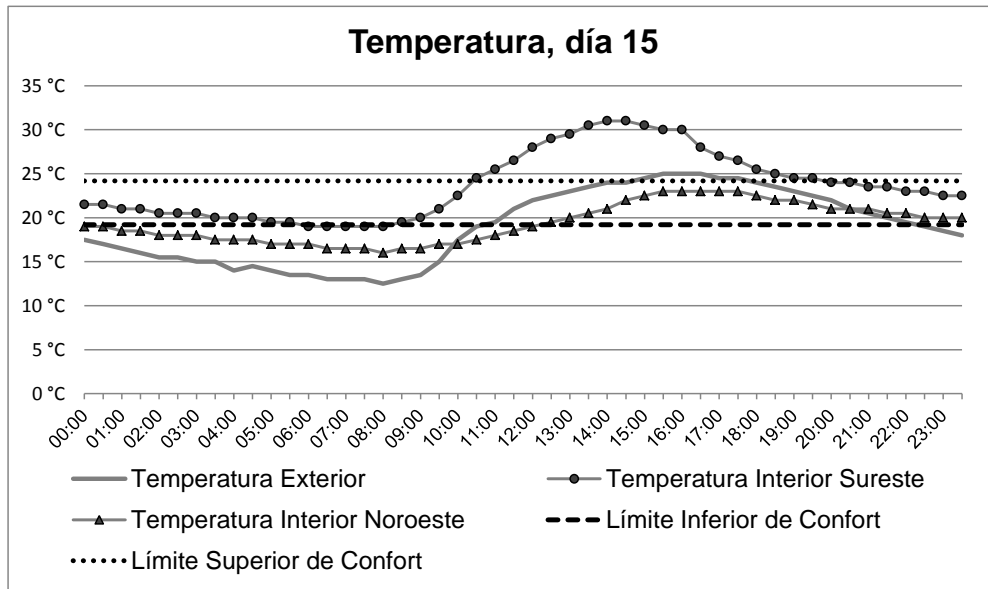
Gráfica de anexos 36: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo segundo día de monitoreo



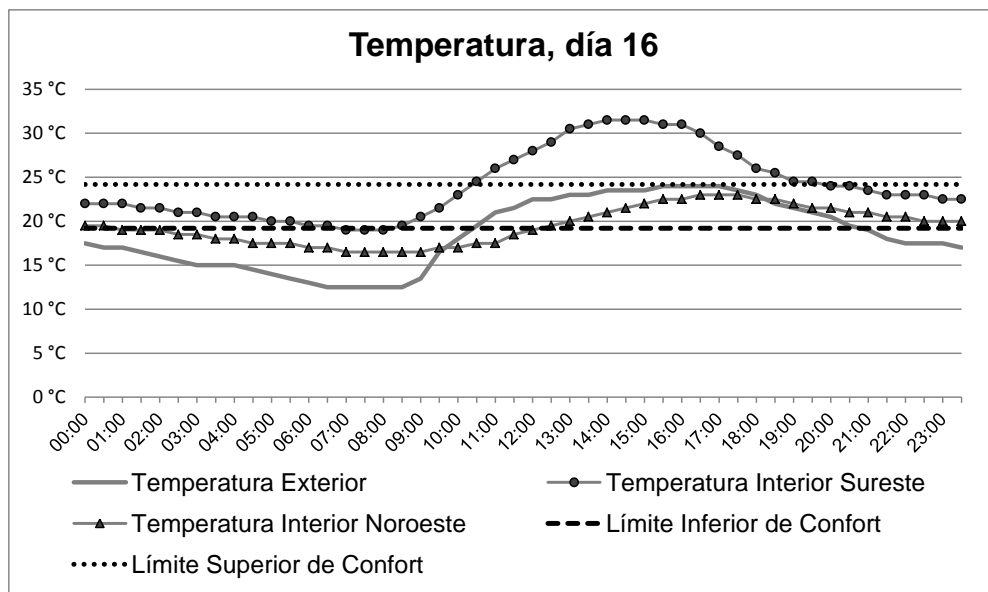
Gráfica de anexos 37: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo tercer día de monitoreo



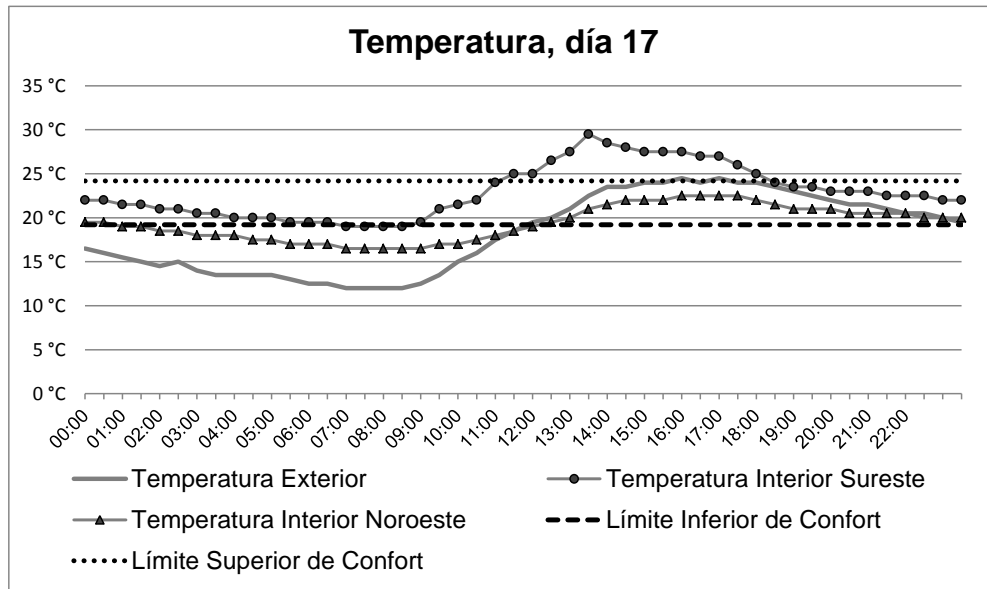
Gráfica de anexos 38: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo cuarto día de monitoreo



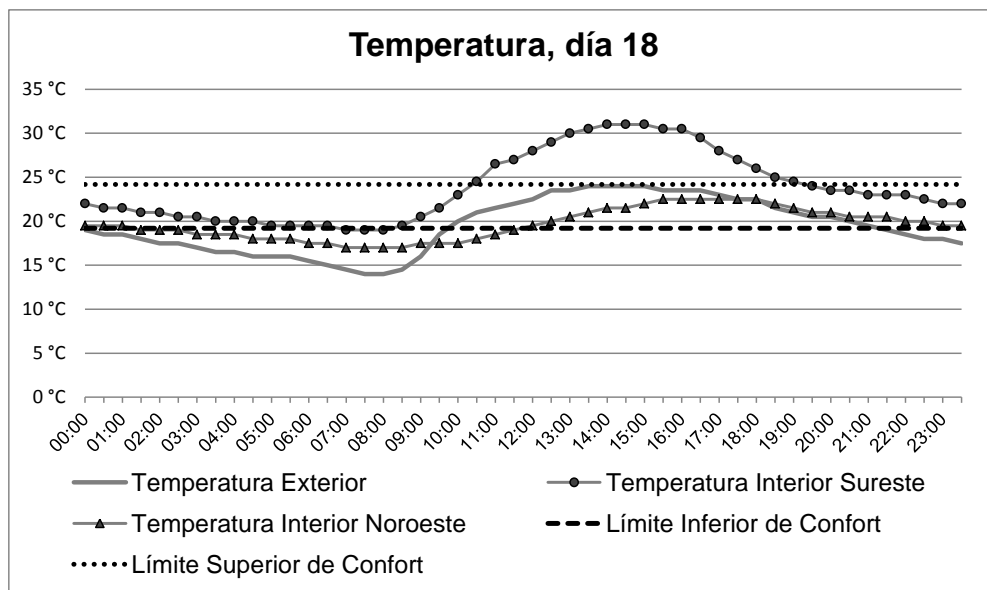
Gráfica de anexos 39: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo quinto día de monitoreo



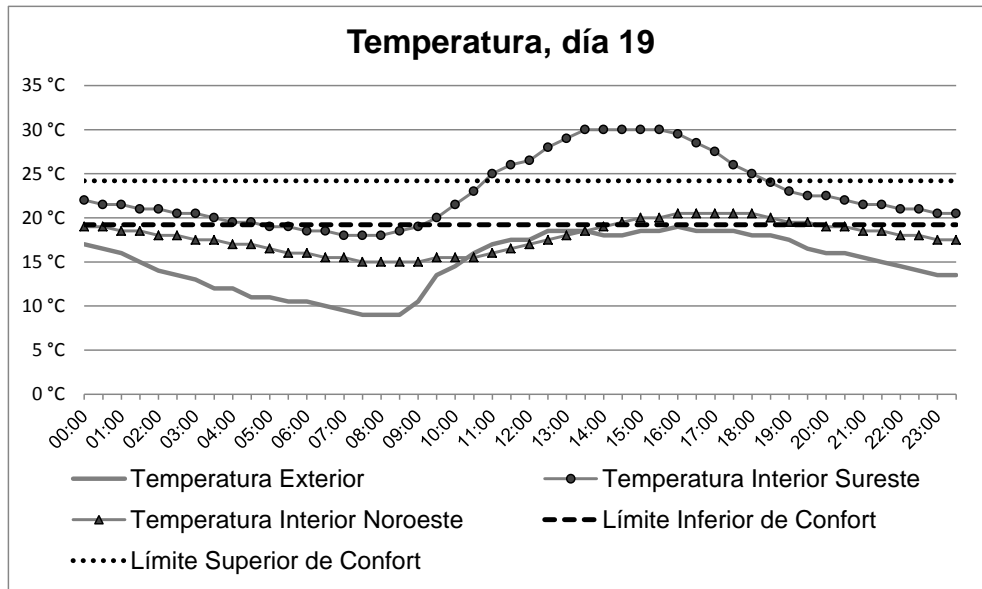
Gráfica de anexos 40: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo sexto día de monitoreo



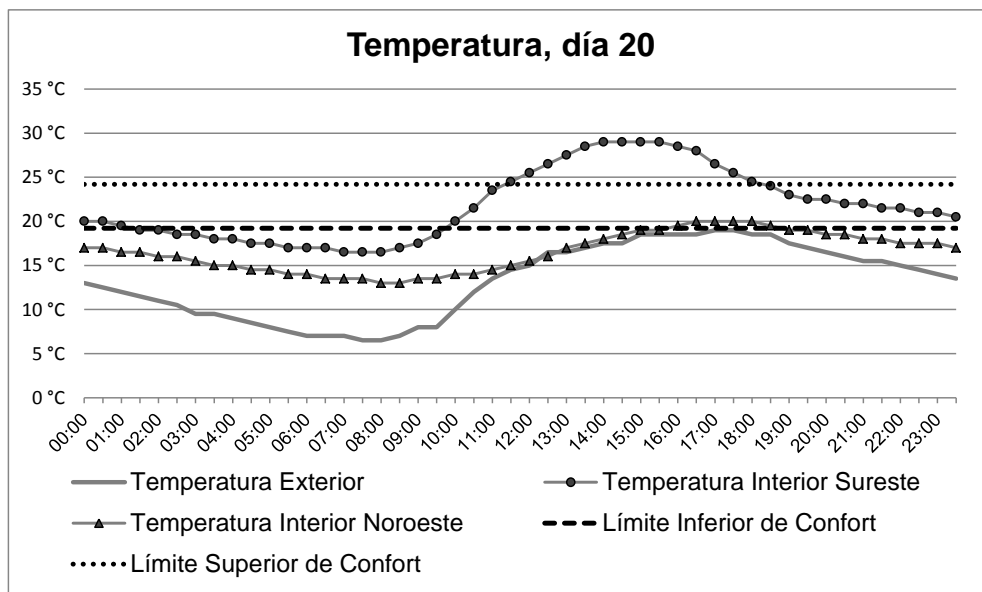
Gráfica de anexos 41: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo séptimo día de monitoreo



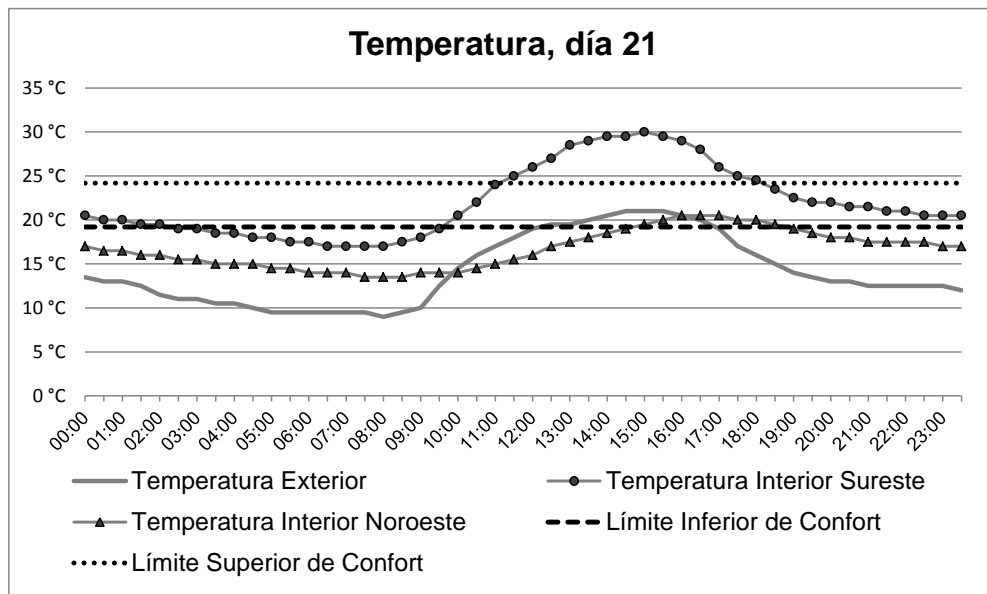
Gráfica de anexos 42: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo octavo día de monitoreo



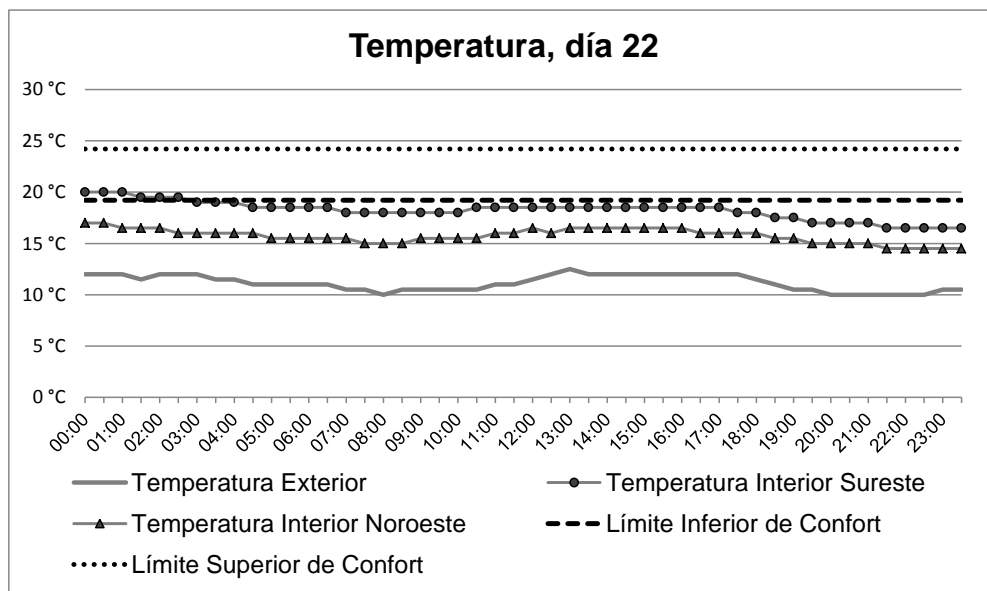
Gráfica de anexos 43: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo noveno día de monitoreo



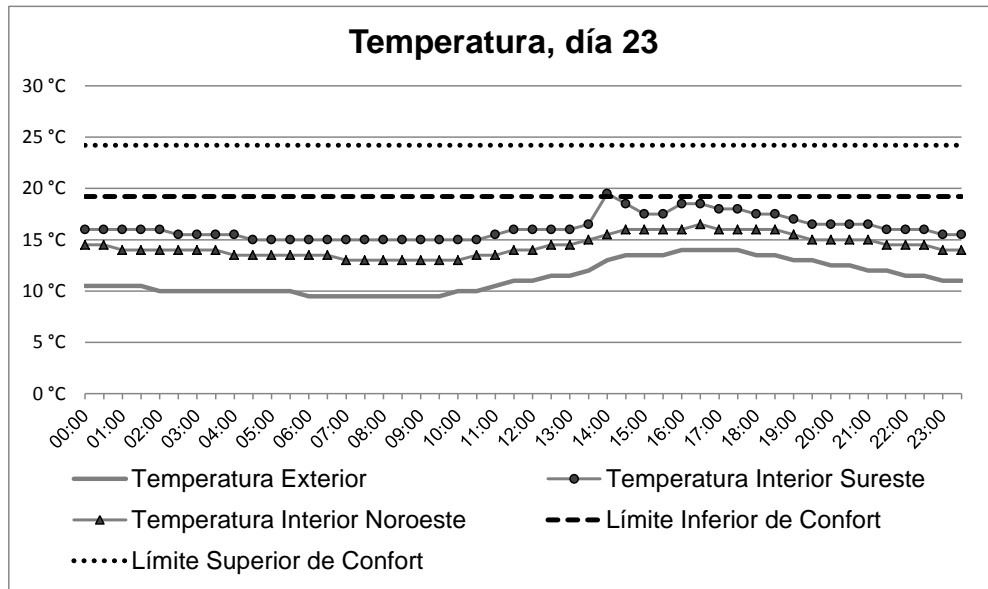
Gráfica de anexos 44: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo día de monitoreo



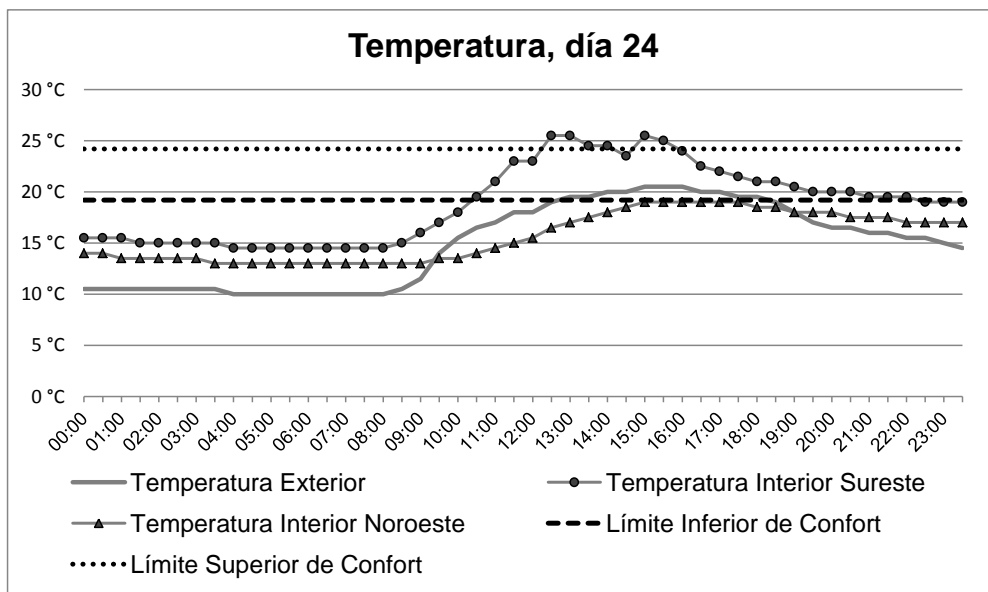
Gráfica de anexos 45: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo primer día de monitoreo



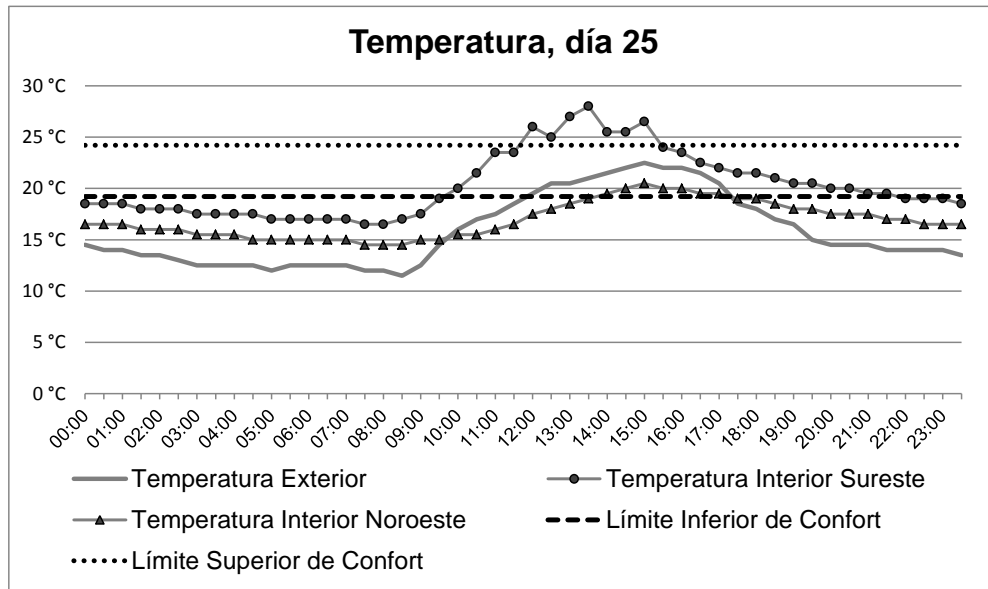
Gráfica de anexos 46: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo segundo día de monitoreo



Gráfica de anexos 47: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo tercer día de monitoreo

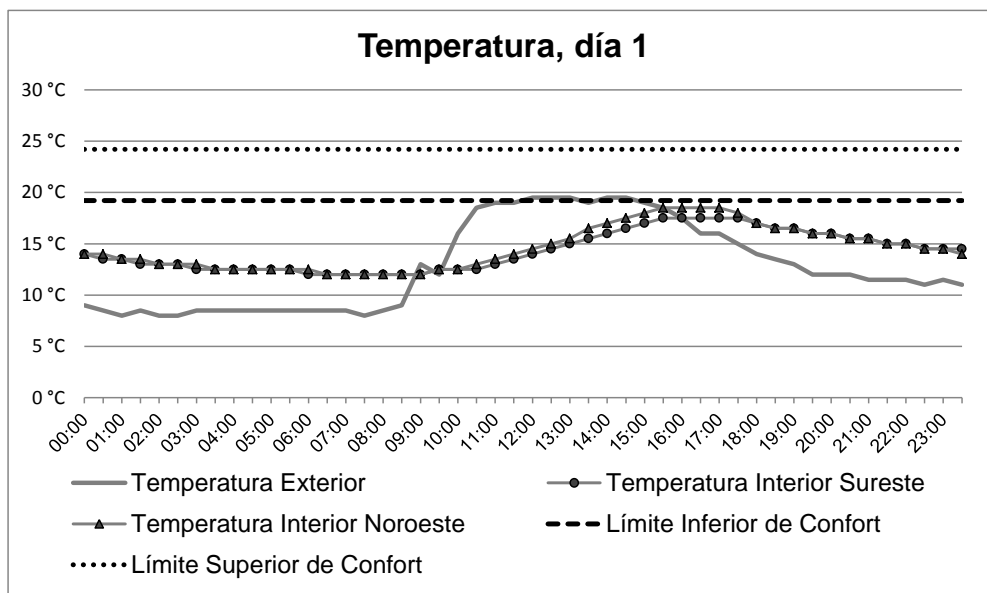


Gráfica de anexos 48: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo cuarto día de monitoreo

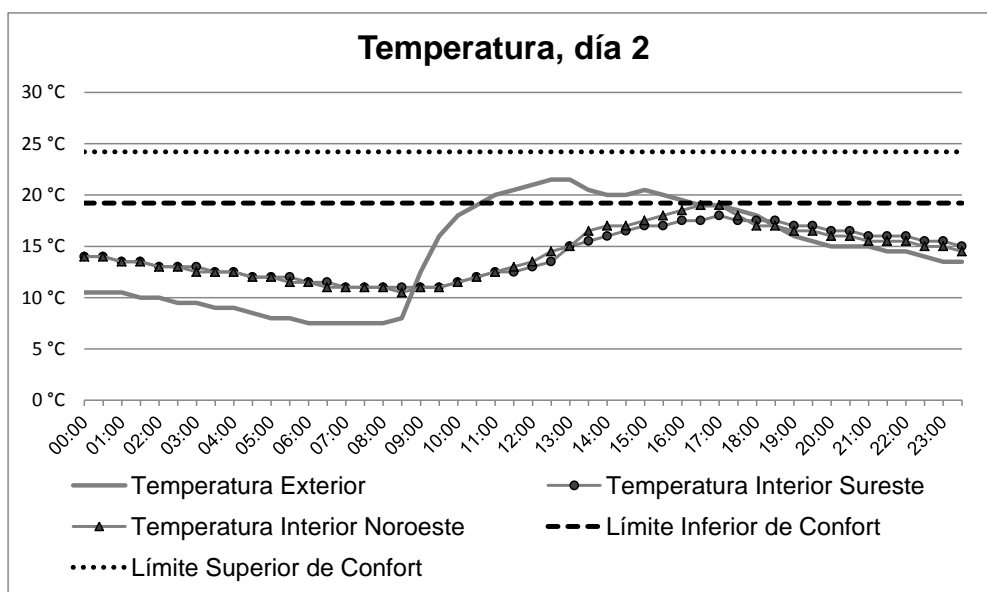


Gráfica de anexos 49: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo quinto día de monitoreo

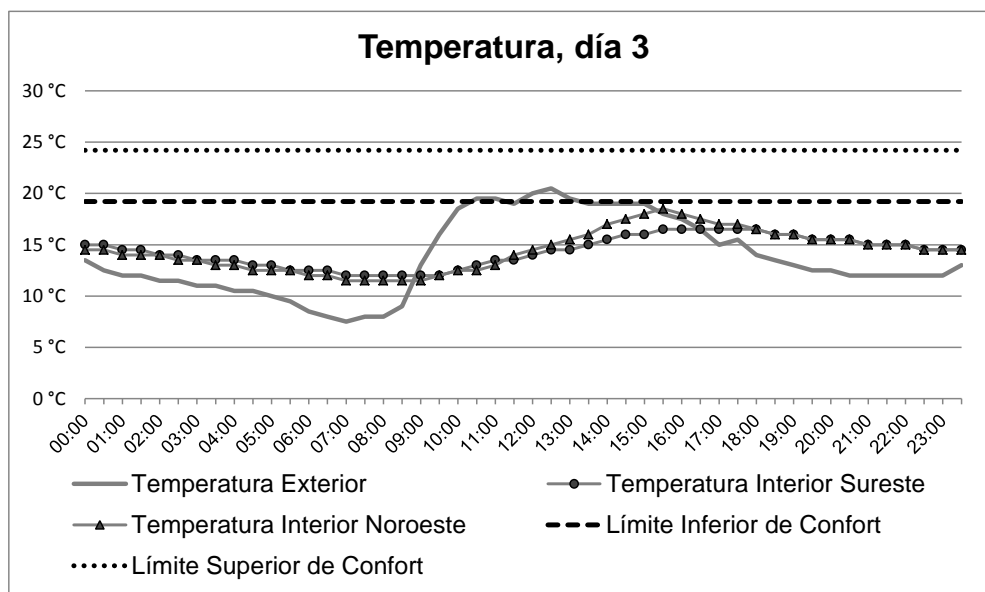
Habitación posterior



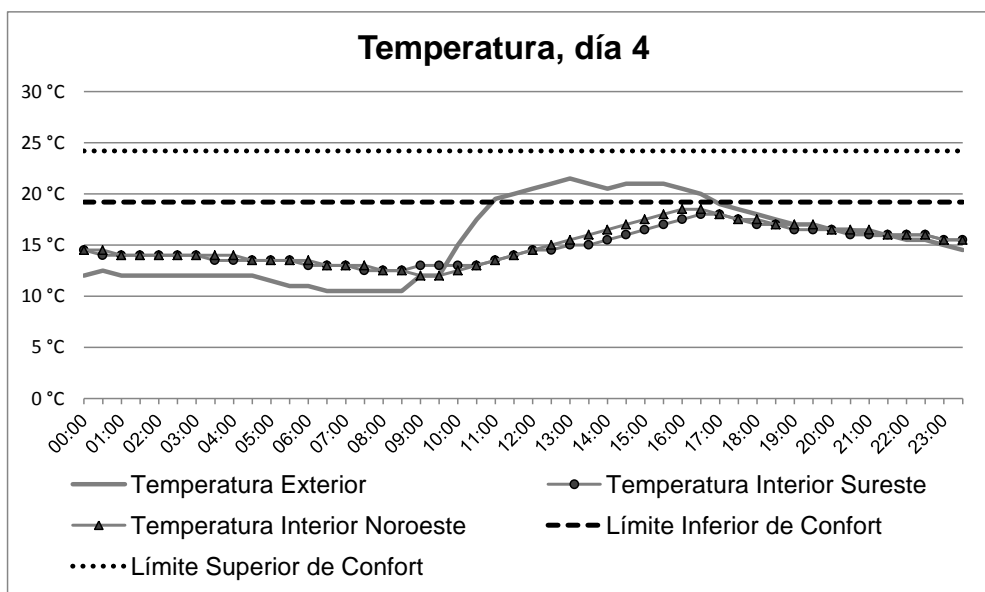
Gráfica de anexos 50: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, primer día de monitoreo



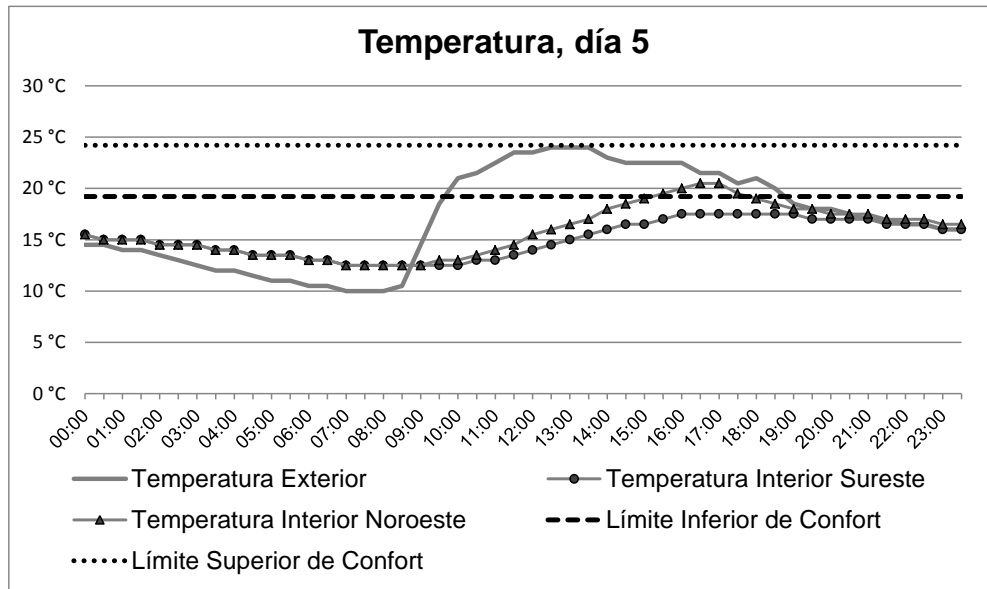
Gráfica de anexos 51: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, segundo día de monitoreo



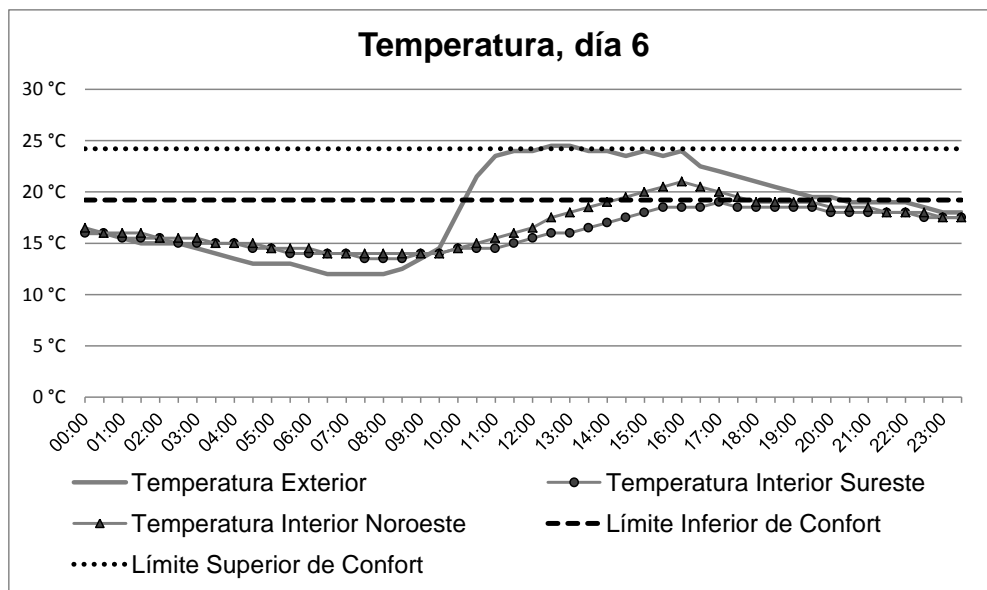
Gráfica de anexos 52 registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, tercer día de monitoreo



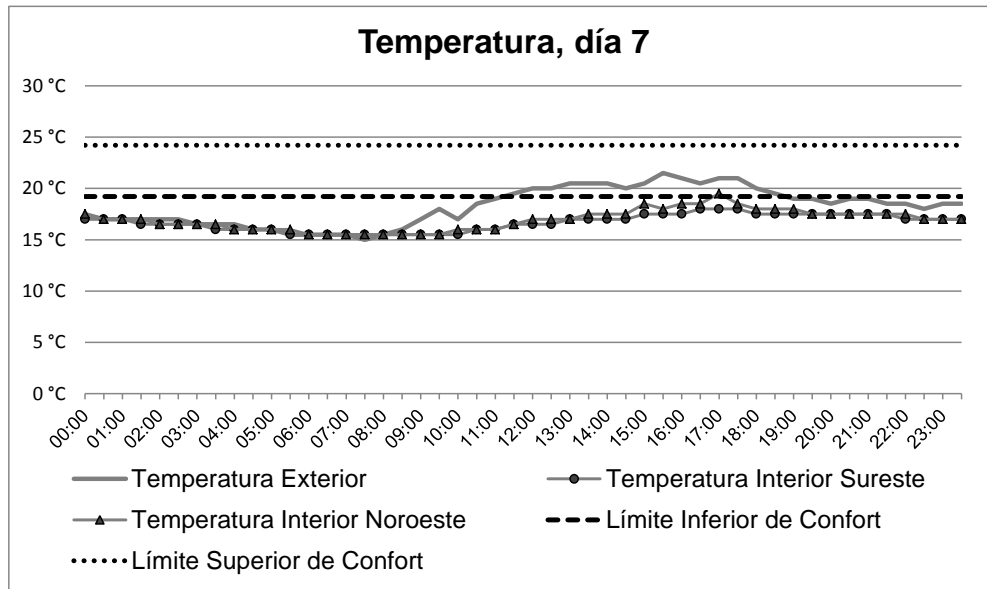
Gráfica de anexos 53: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, cuarto día de monitoreo



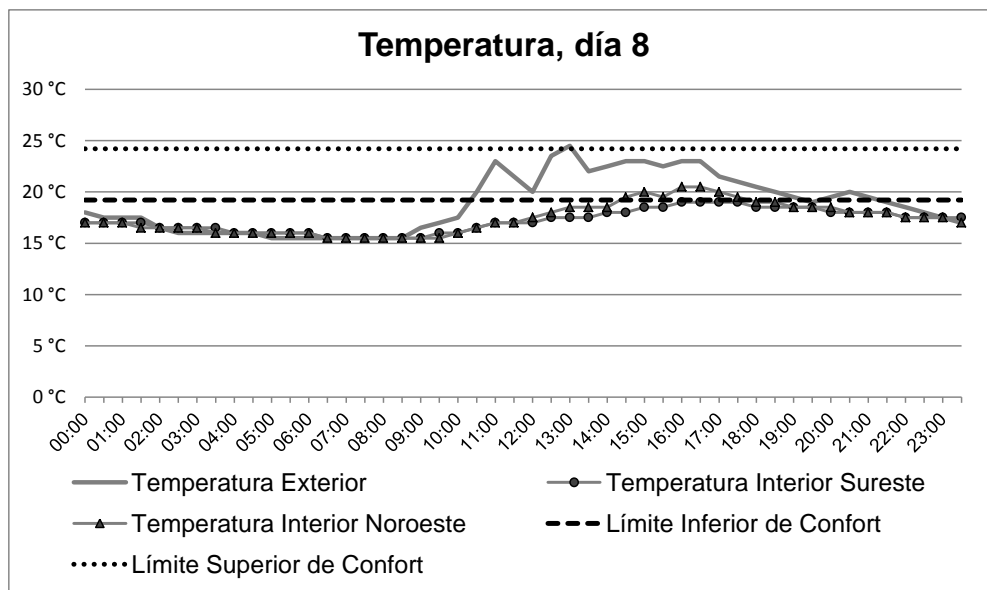
Gráfica de anexos 54: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, quinto día de monitoreo



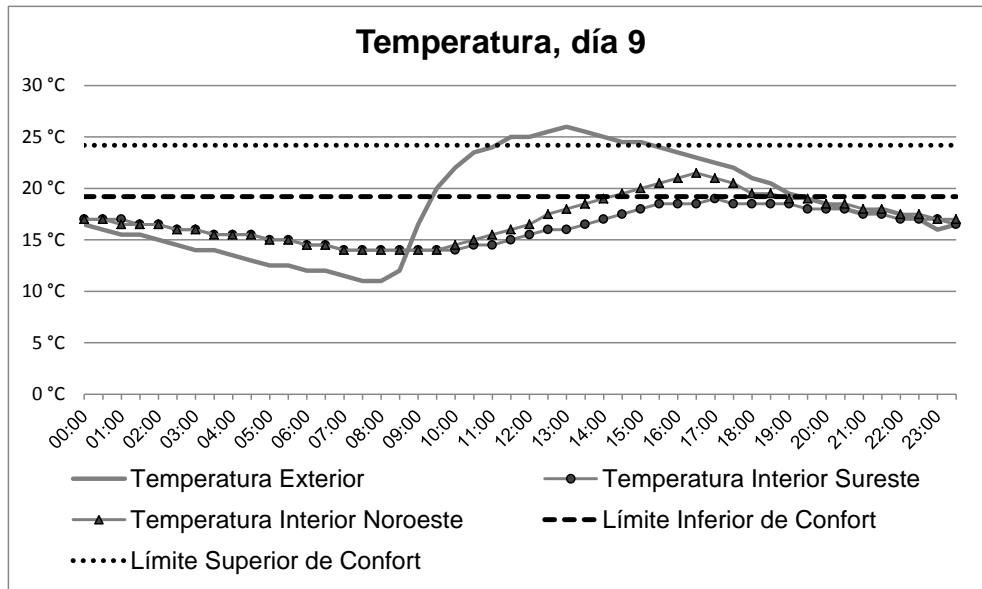
Gráfica de anexos 55: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, sexto día de monitoreo



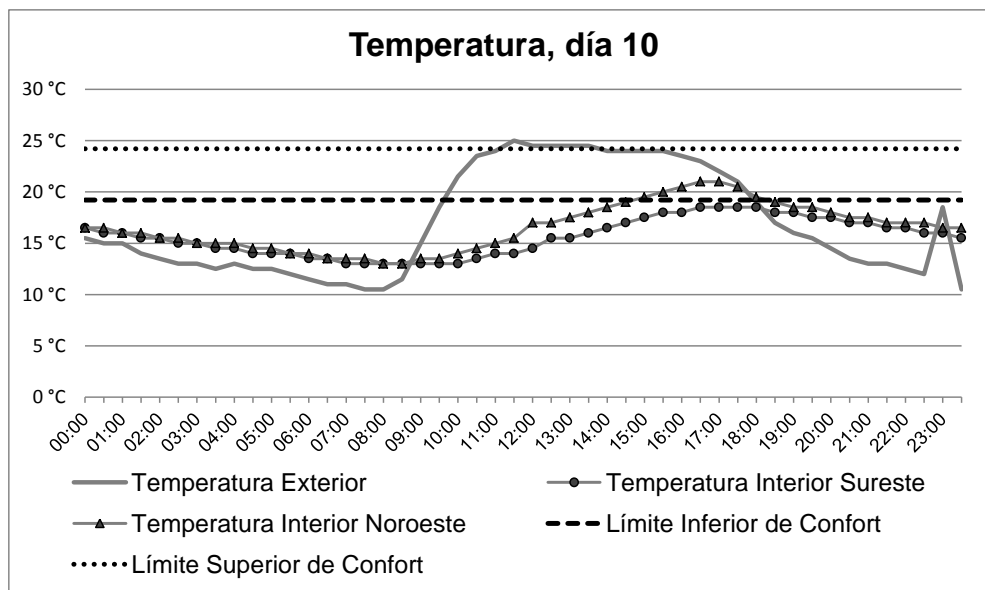
Gráfica de anexos 56: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, séptimo día de monitoreo



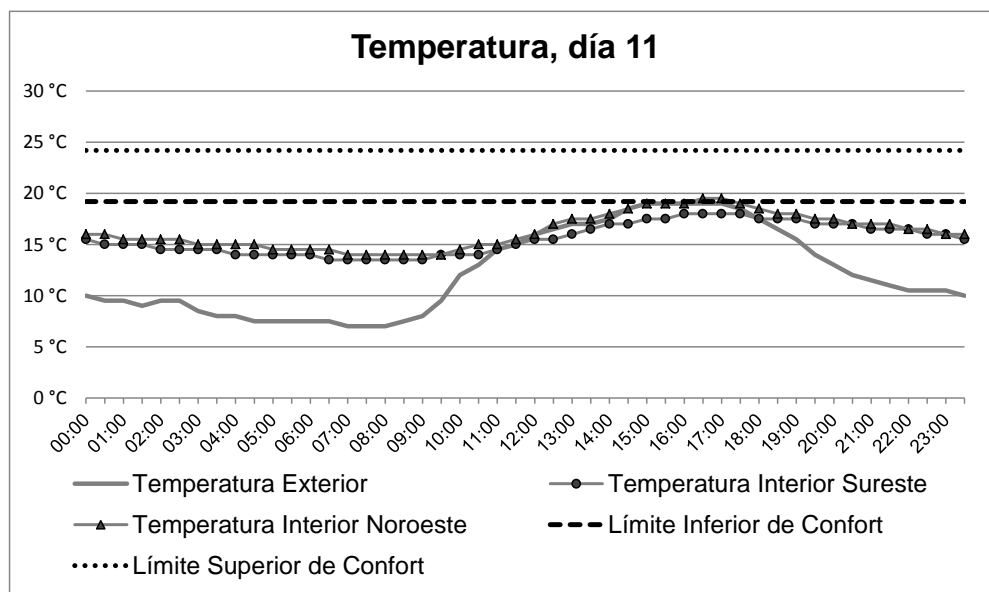
Gráfica de anexos 57: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, octavo día de monitoreo



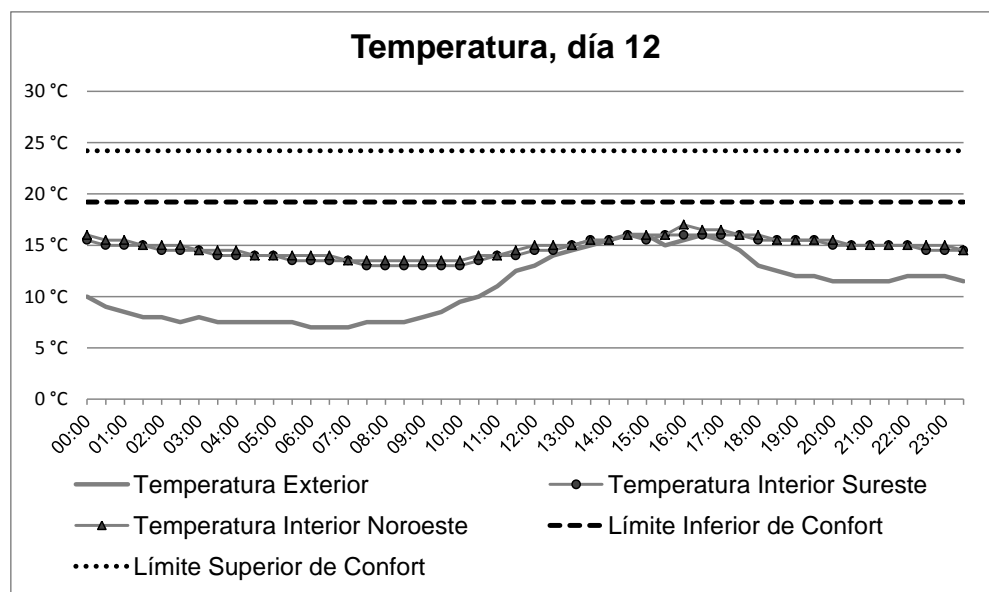
Gráfica de anexos 58: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, noveno día de monitoreo



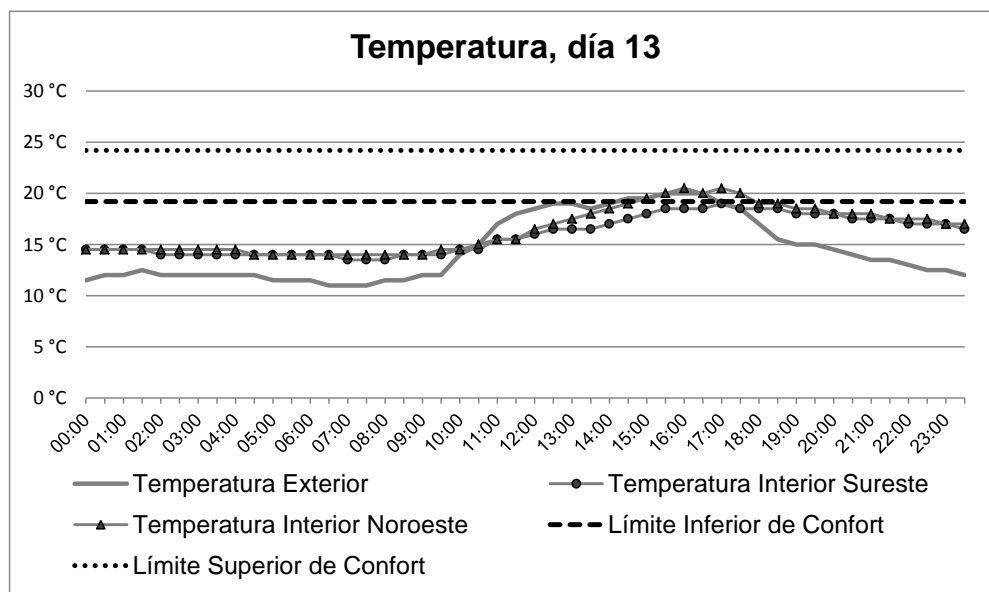
Gráfica de anexos 59: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo día de monitoreo



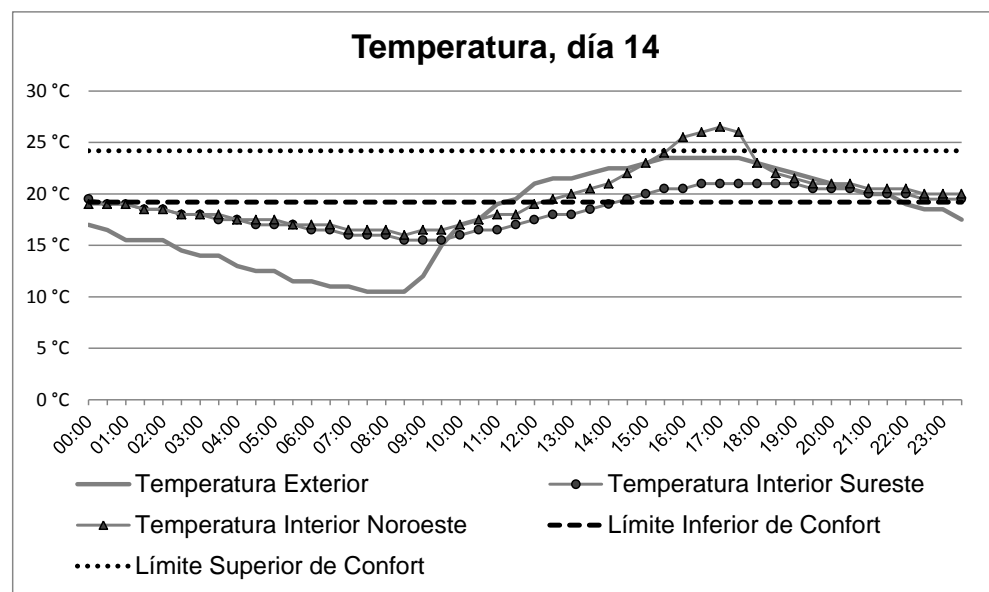
Gráfica de anexos 60: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo primer día de monitoreo



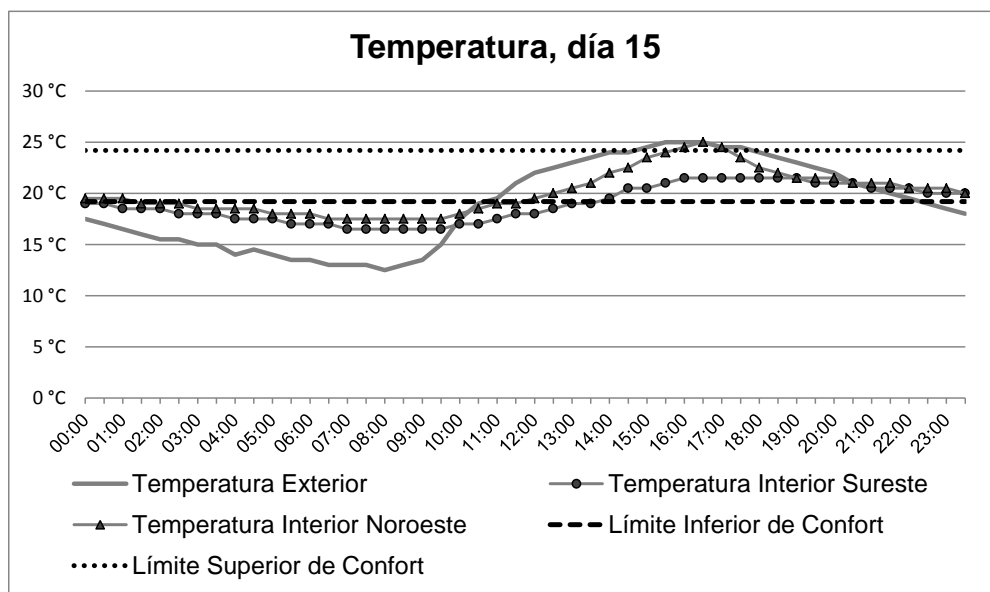
Gráfica de anexos 61: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo segundo día de monitoreo



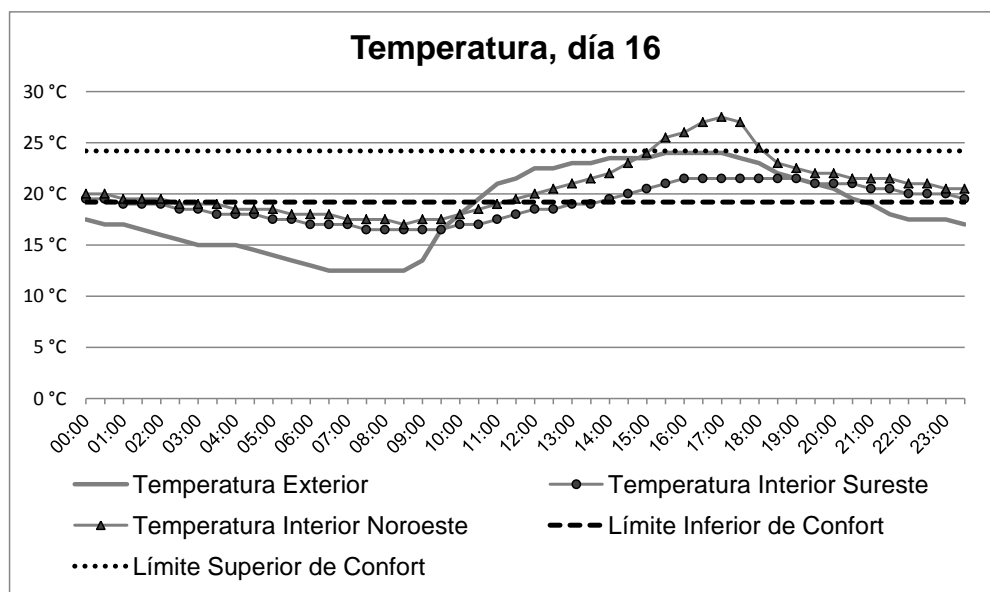
Gráfica de anexos 62: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo tercer día de monitoreo



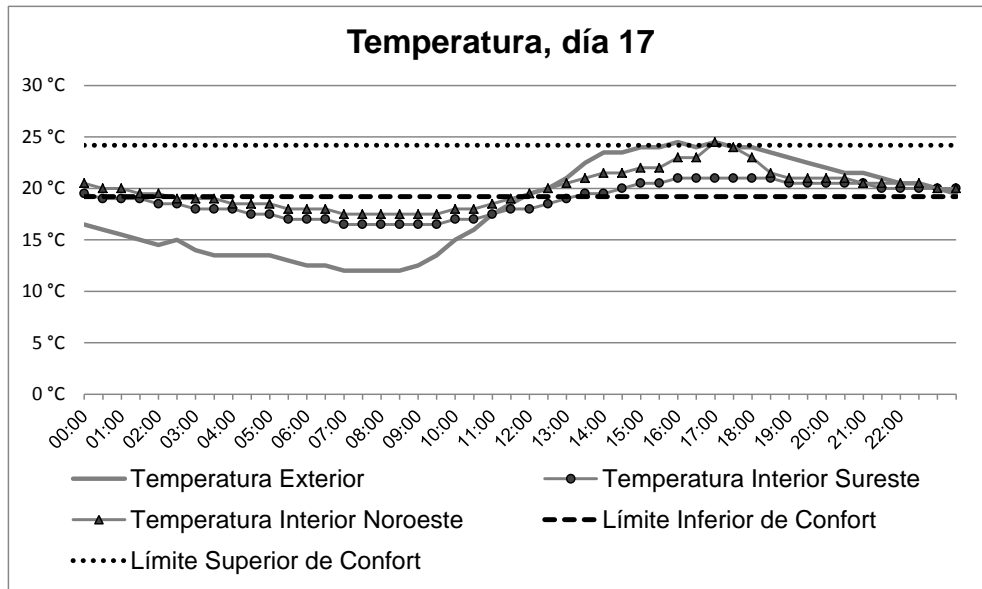
Gráfica de anexos 63: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo cuarto día de monitoreo



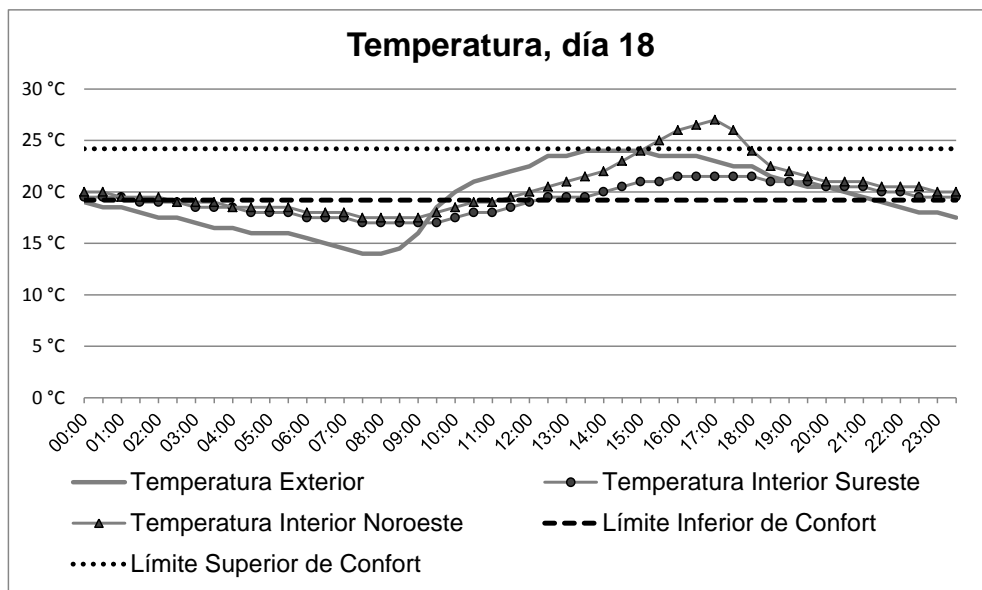
Gráfica de anexos 64: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo quinto día de monitoreo



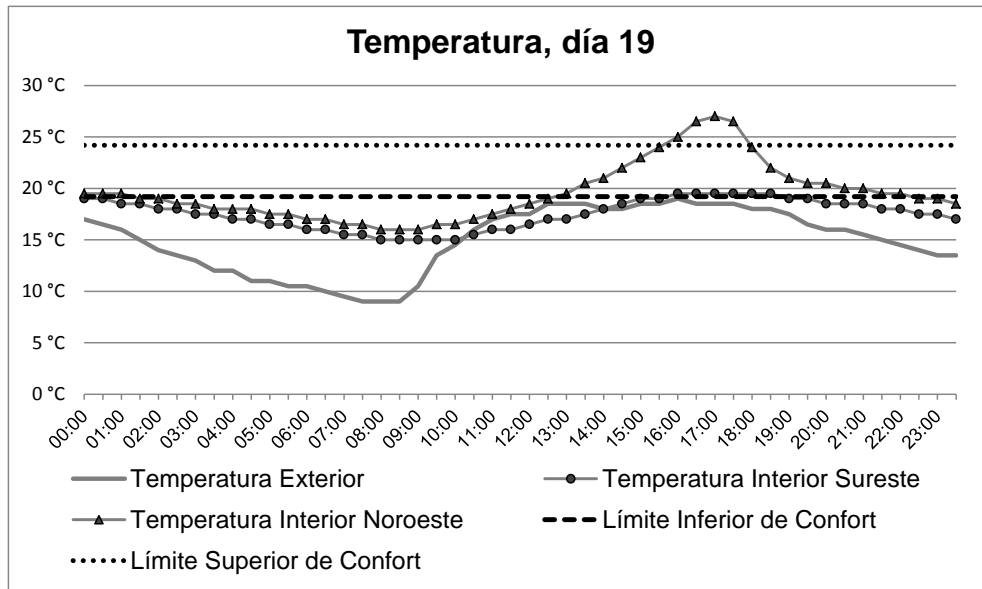
Gráfica de anexos 65: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo sexto día de monitoreo



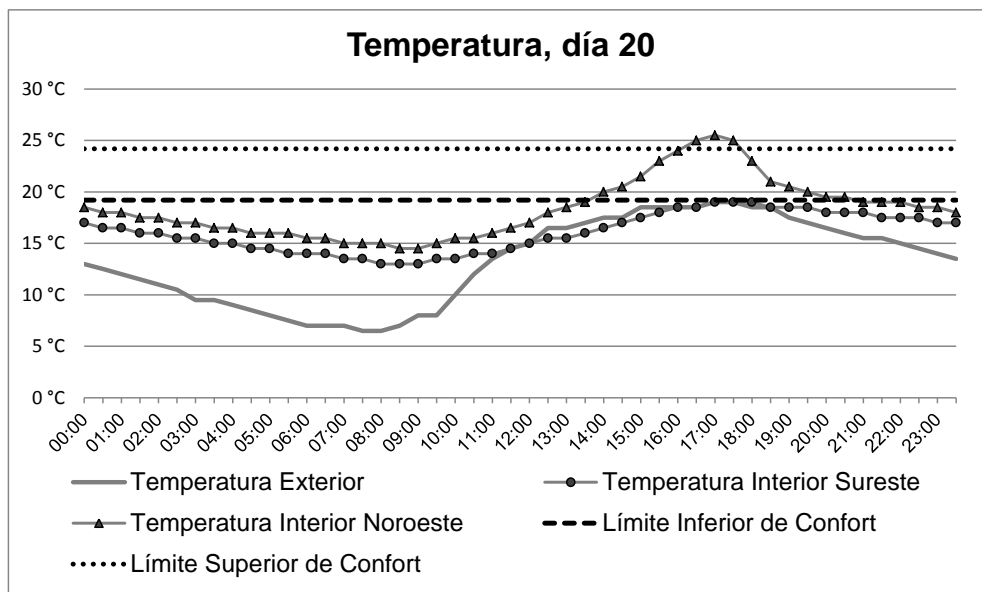
Gráfica de anexos 66: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo séptimo día de monitoreo



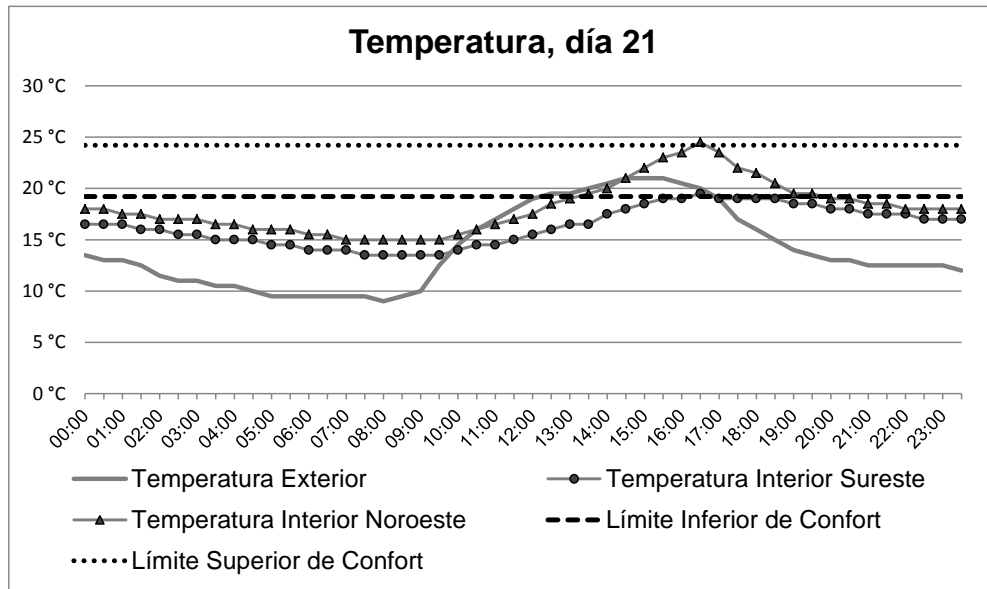
Gráfica de anexos 67: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo octavo día de monitoreo



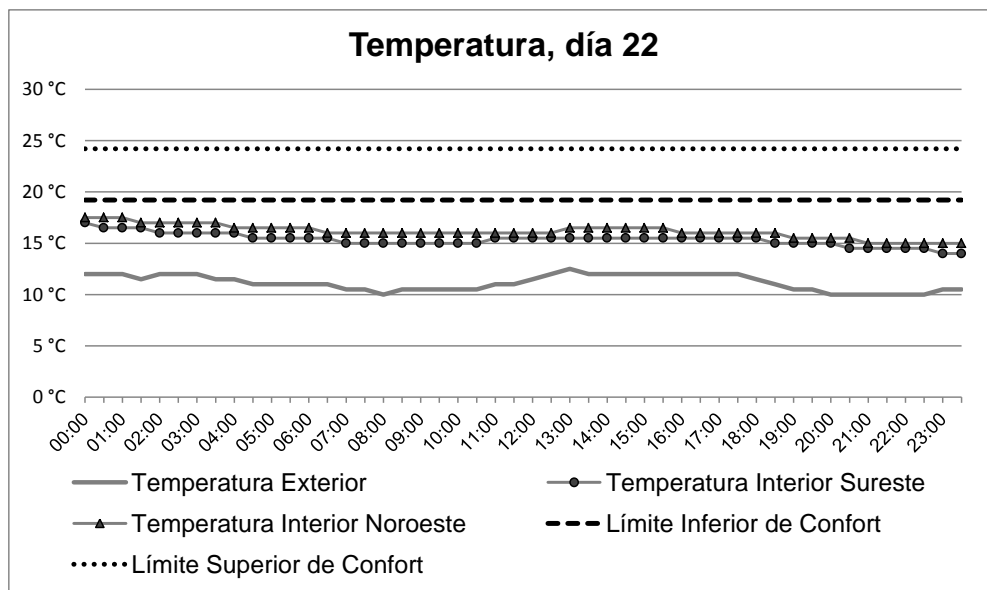
Gráfica de anexos 68: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo noveno día de monitoreo



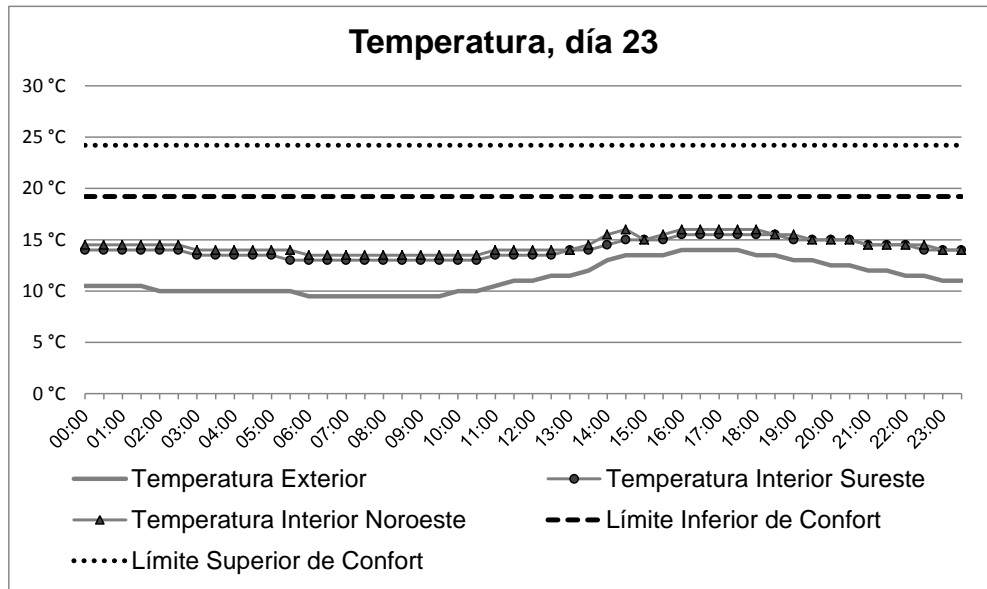
Gráfica de anexos 69: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo día de monitoreo



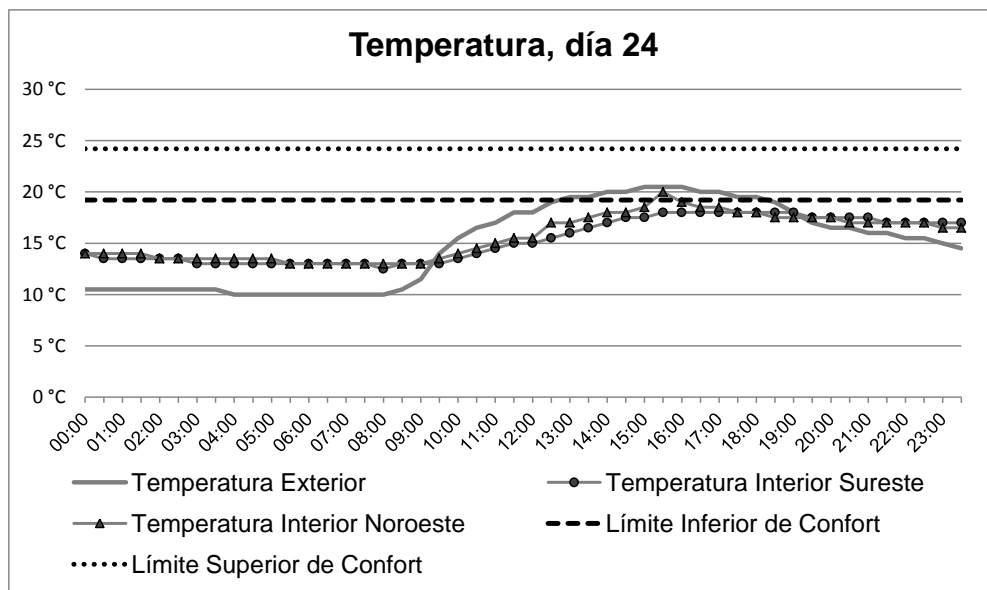
Gráfica de anexos 70: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo primer día de monitoreo



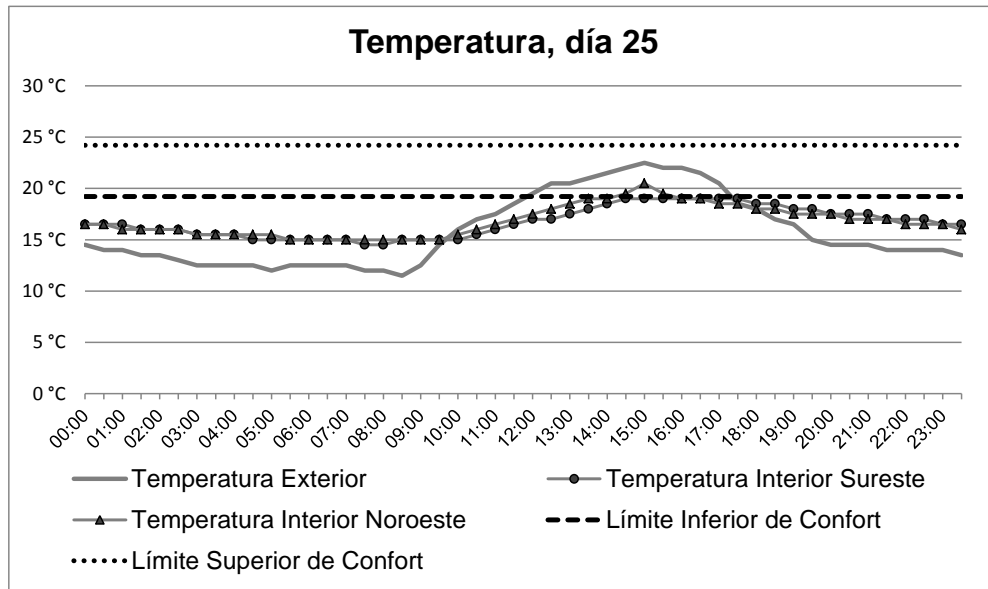
Gráfica de anexos 71: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo segundo día de monitoreo



Gráfica de anexos 72: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo tercer día de monitoreo

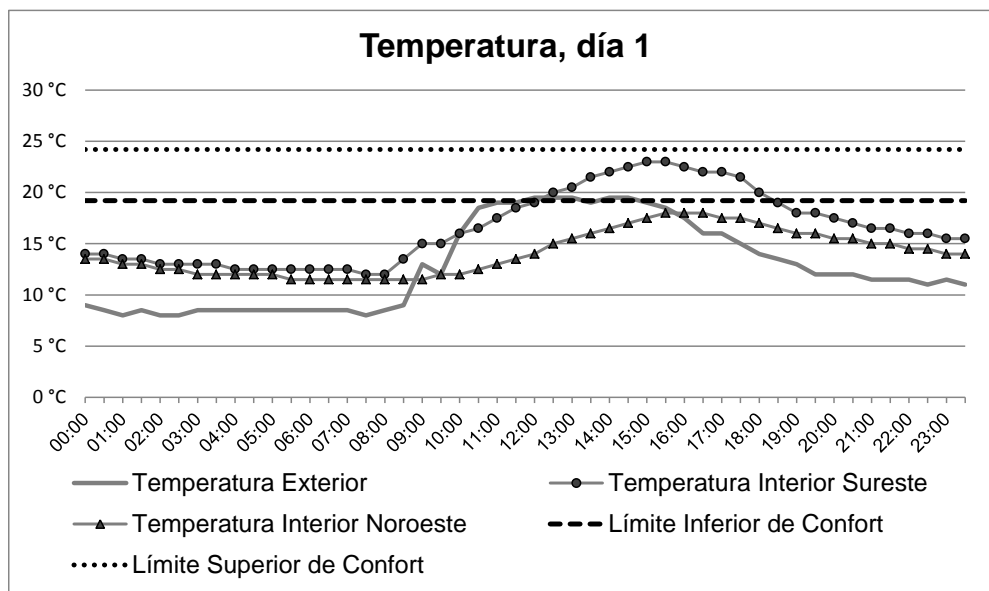


Gráfica de anexos 73: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo cuarto día de monitoreo

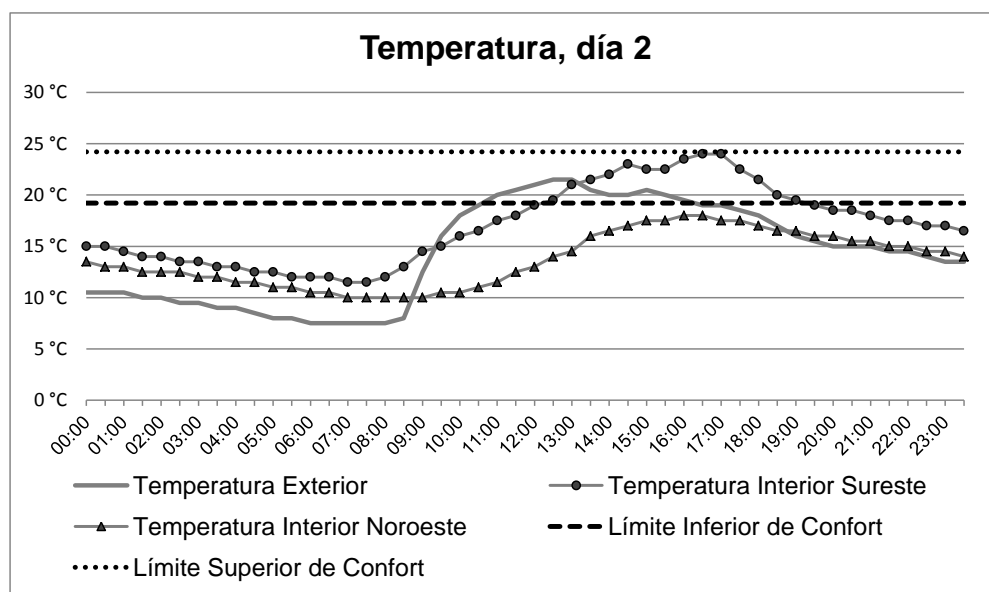


Gráfica de anexos 74: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo quinto día de monitoreo

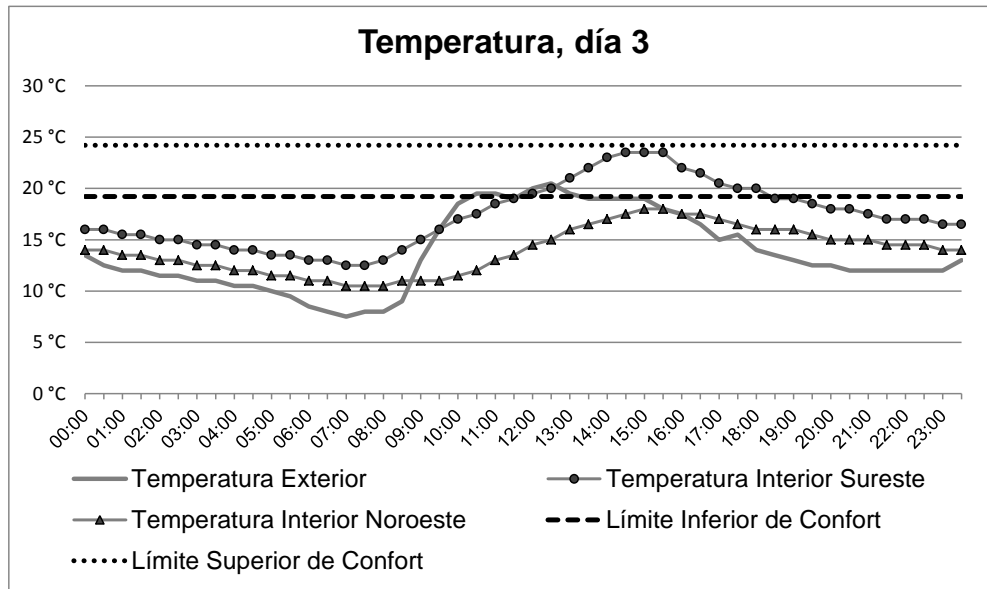
Sala - comedor



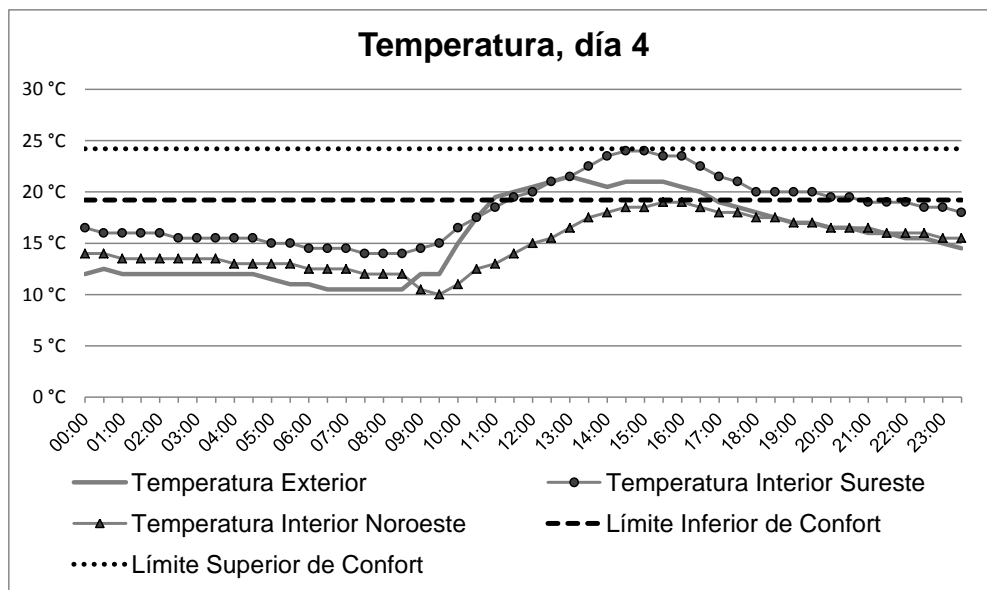
Gráfica de anexos 75: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, primer día de monitoreo



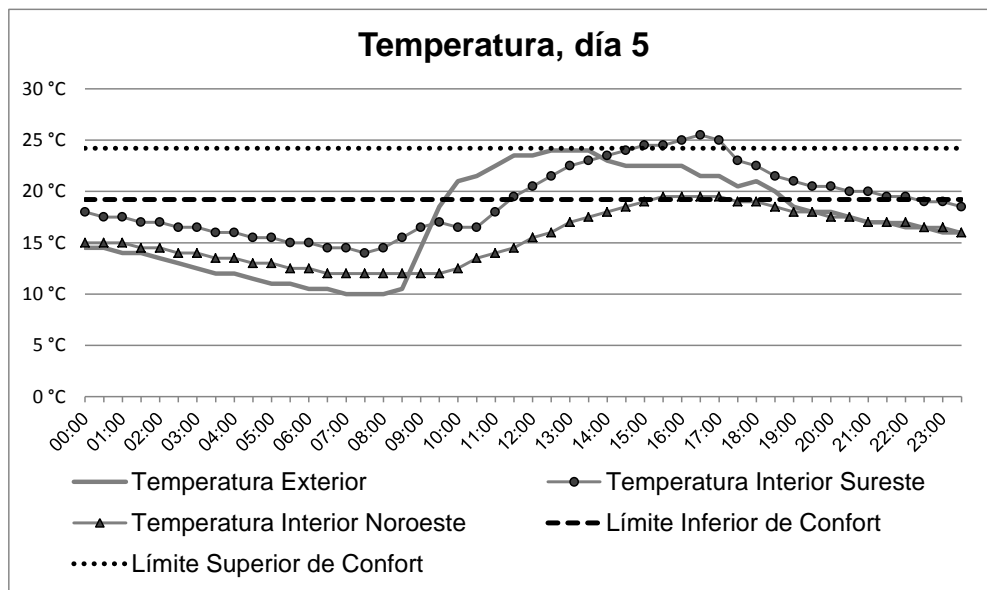
Gráfica de anexos 76: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, segundo día de monitoreo



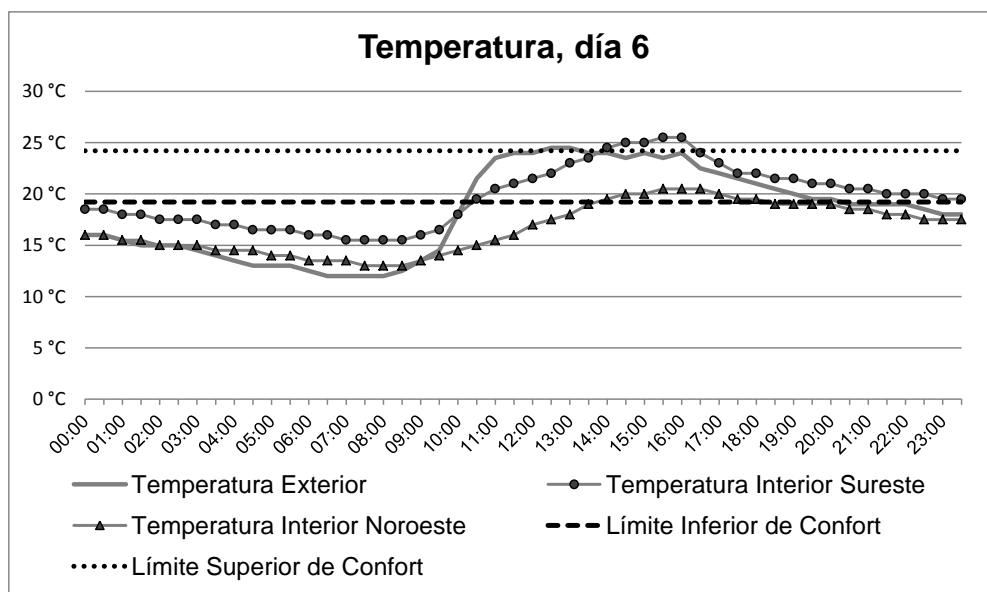
Gráfica de anexos 77: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, tercer día de monitoreo



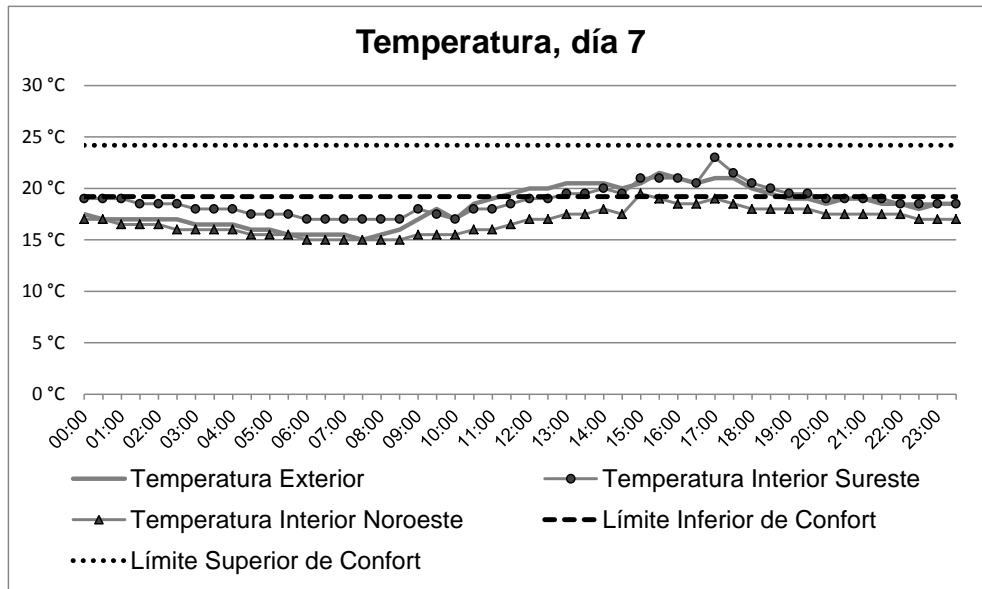
Gráfica de anexos 78: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, cuarto día de monitoreo



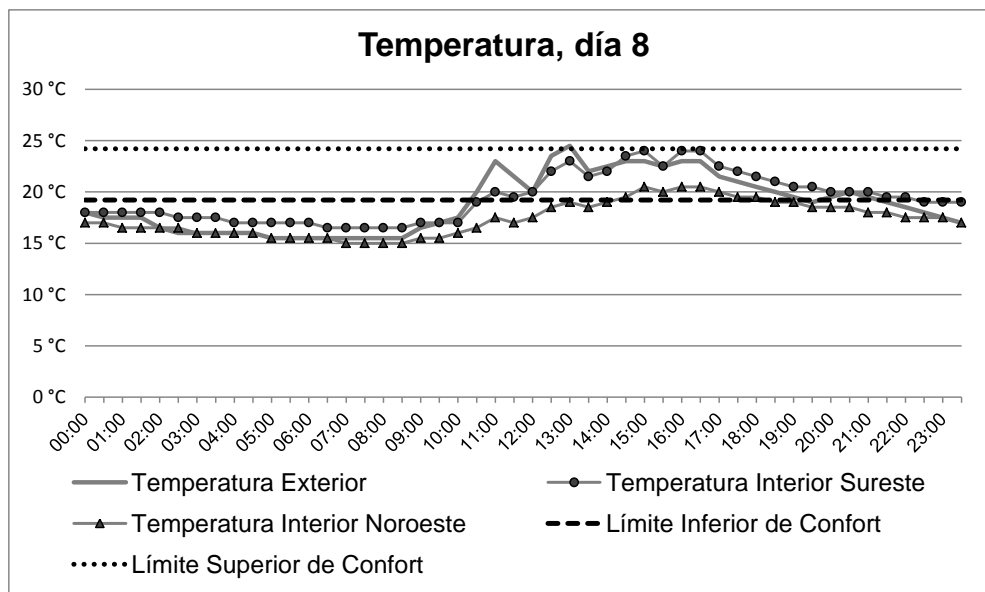
Gráfica de anexos 79: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, quinto día de monitoreo



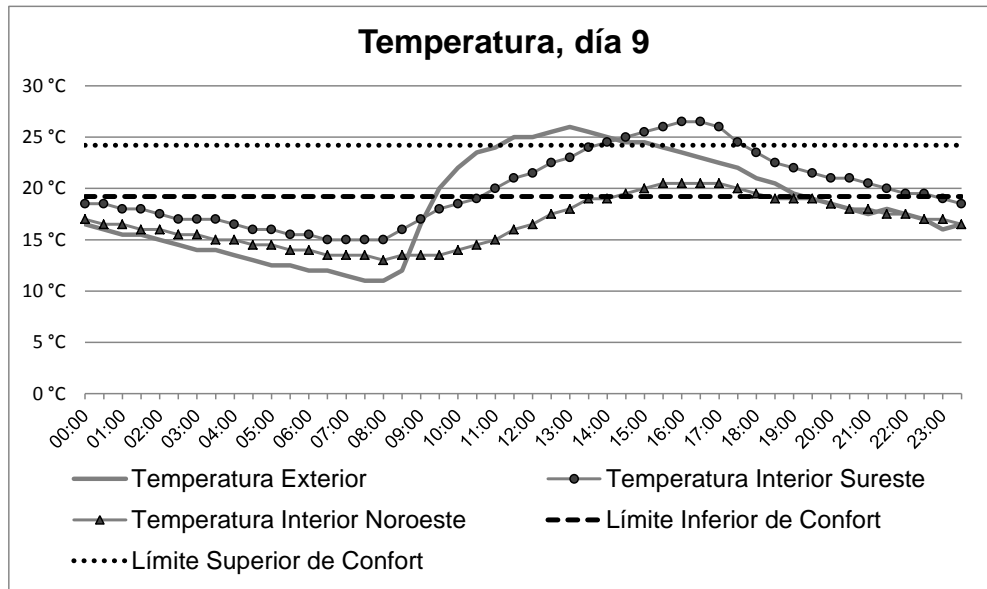
Gráfica de anexos 80: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, sexto día de monitoreo



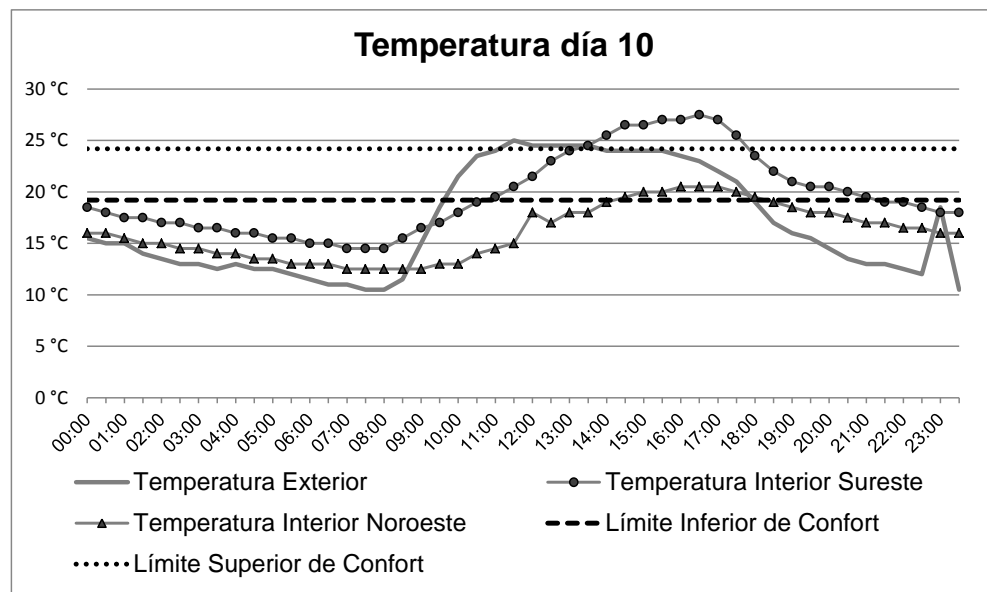
Gráfica de anexos 81: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, séptimo día de monitoreo



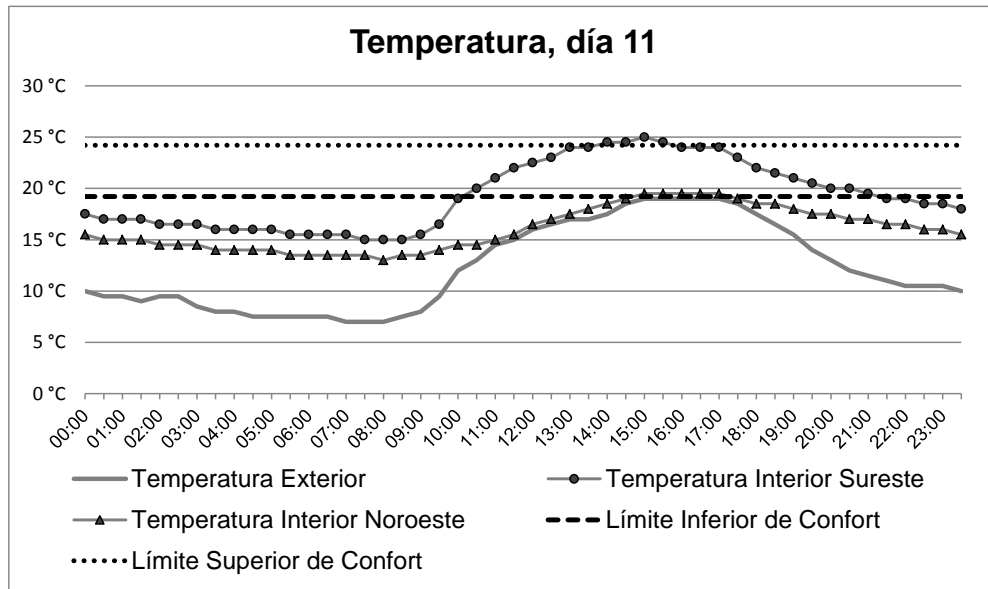
Gráfica de anexos 82: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, octavo día de monitoreo



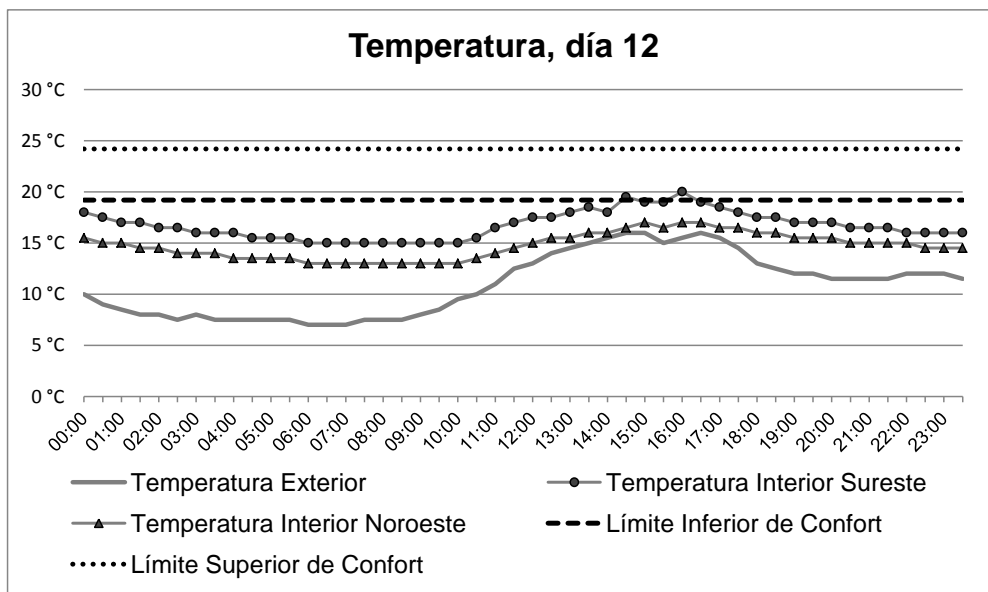
Gráfica de anexos 83: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, noveno día de monitoreo



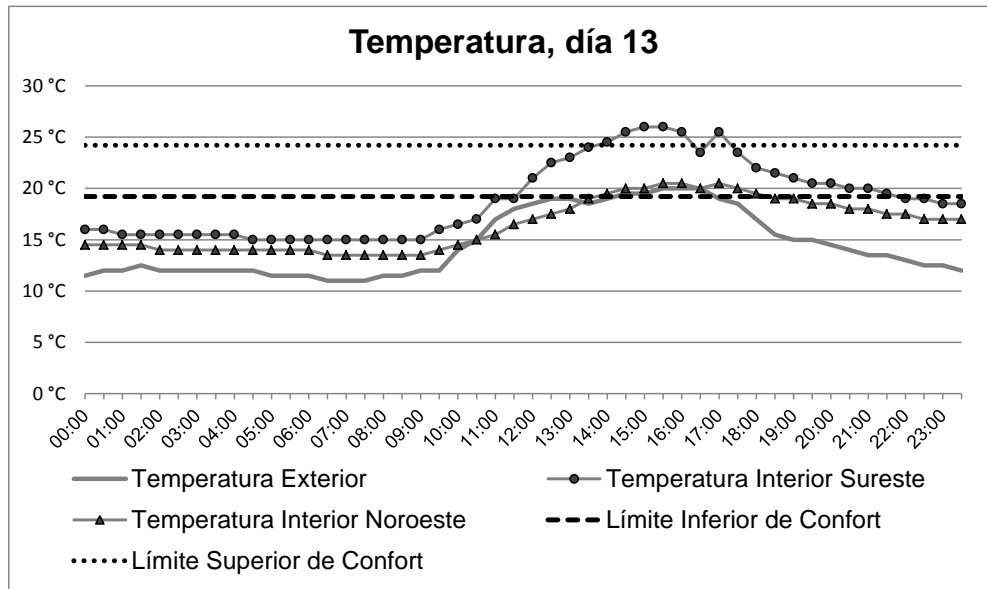
Gráfica de anexos 84: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo día de monitoreo



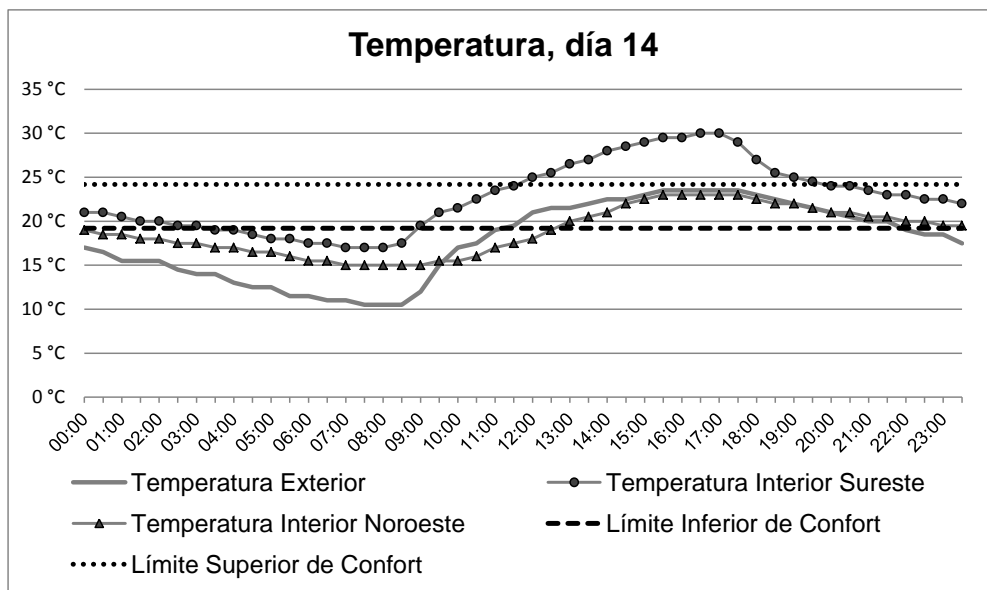
Gráfica de anexos 85: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo primer día de monitoreo



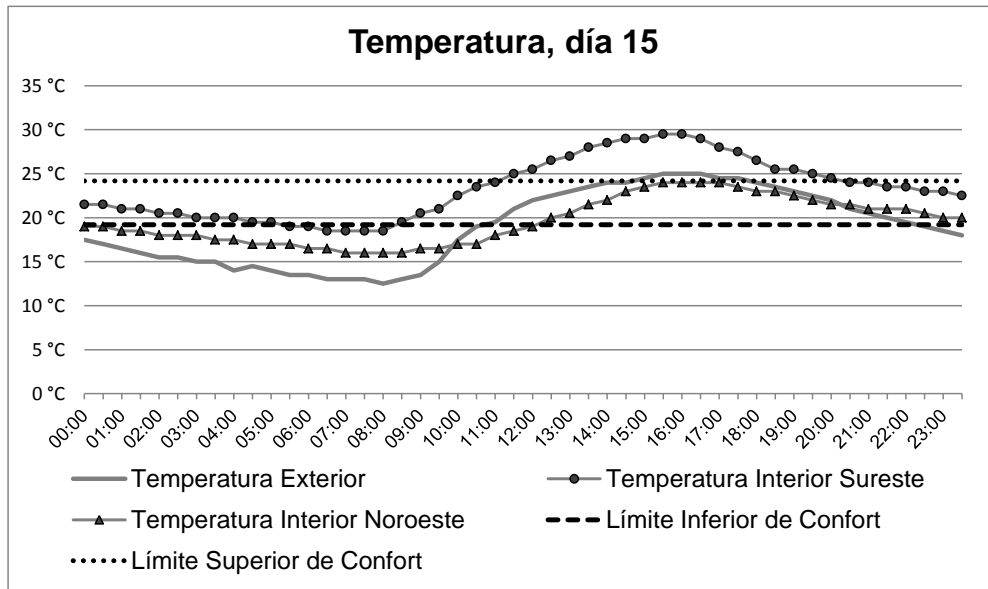
Gráfica de anexos 86: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo segundo día de monitoreo



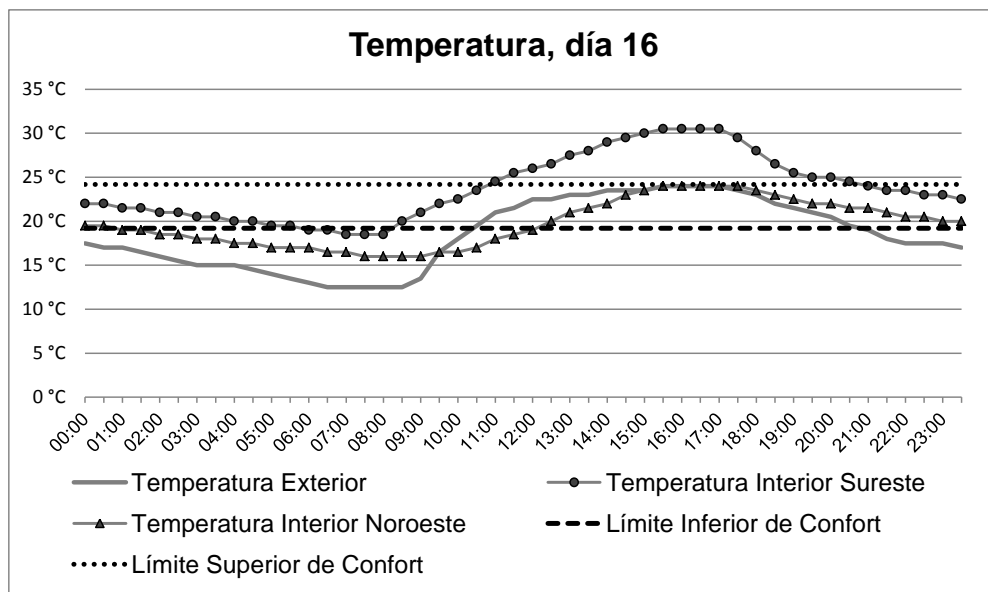
Gráfica de anexos 87: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo tercer día de monitoreo



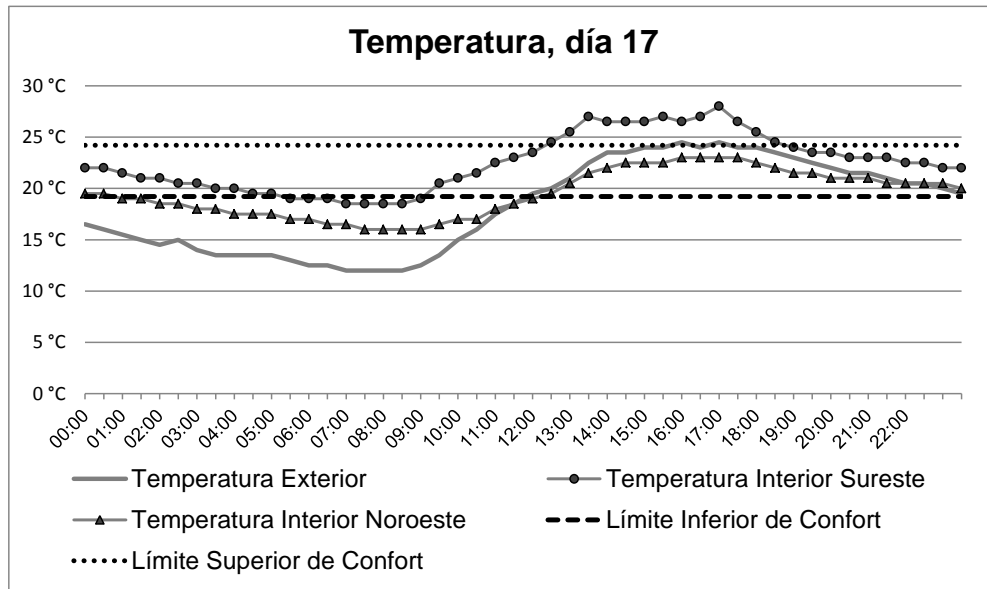
Gráfica de anexos 88: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo cuarto día de monitoreo



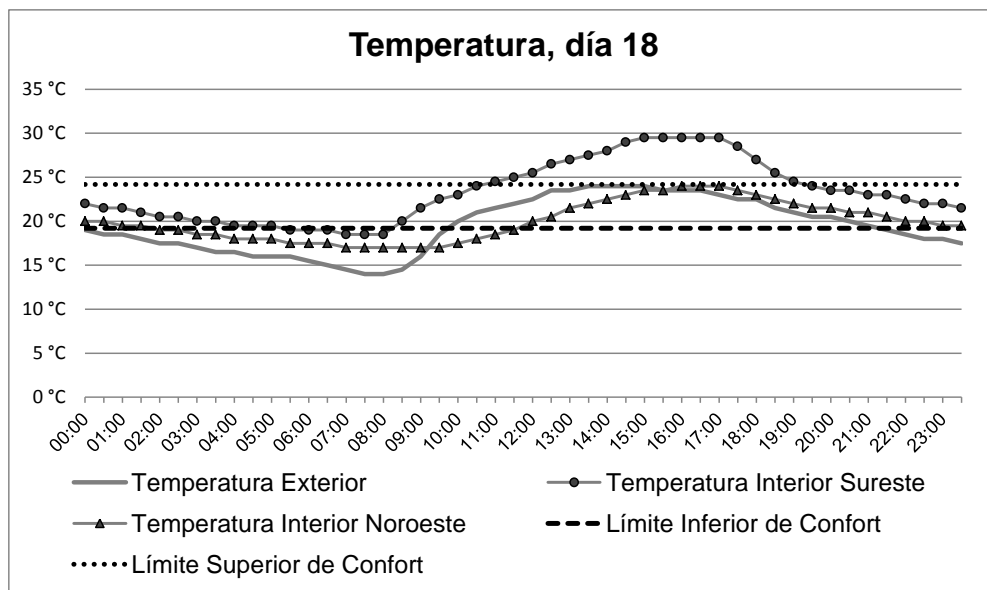
Gráfica de anexos 89: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo quinto día de monitoreo



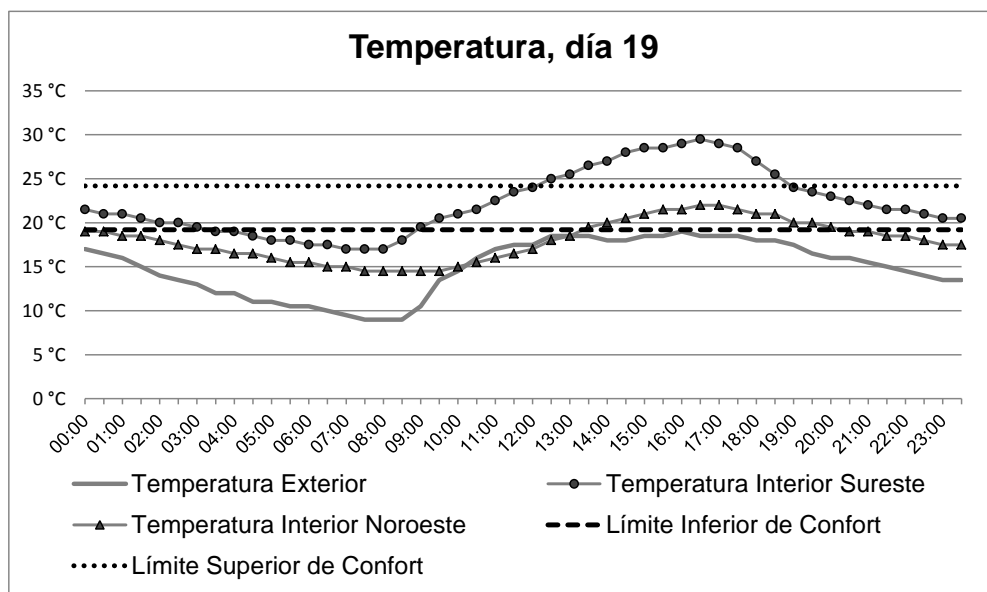
Gráfica de anexos 90: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo sexto día de monitoreo



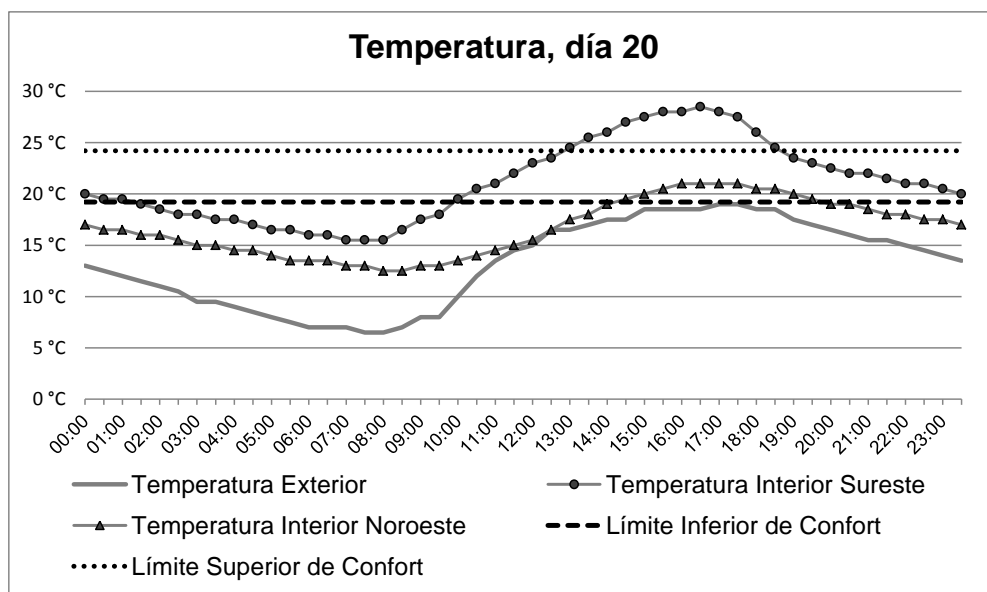
Gráfica de anexos 91: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo séptimo día de monitoreo



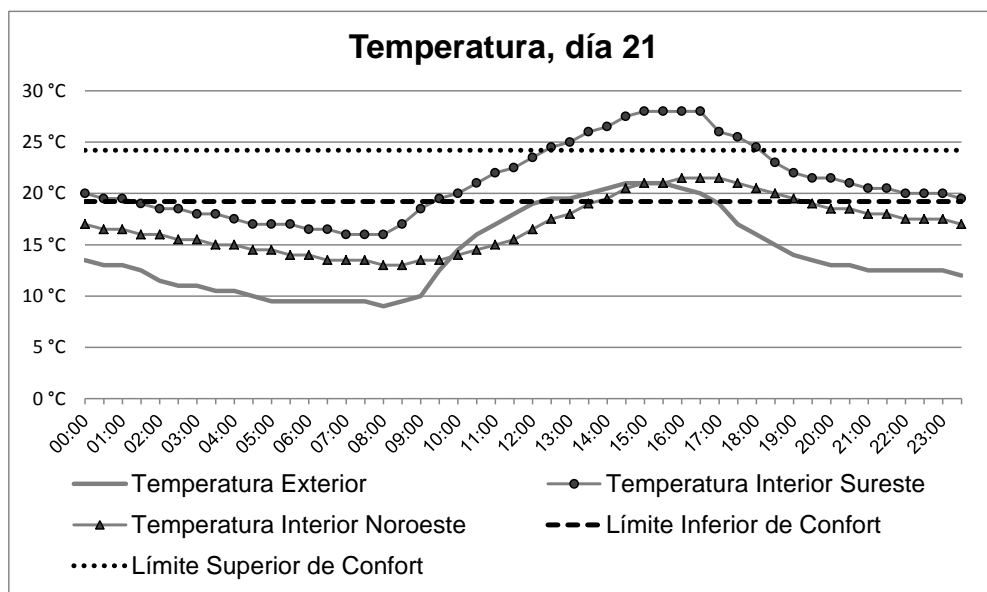
Gráfica de anexos 92: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo octavo día de monitoreo



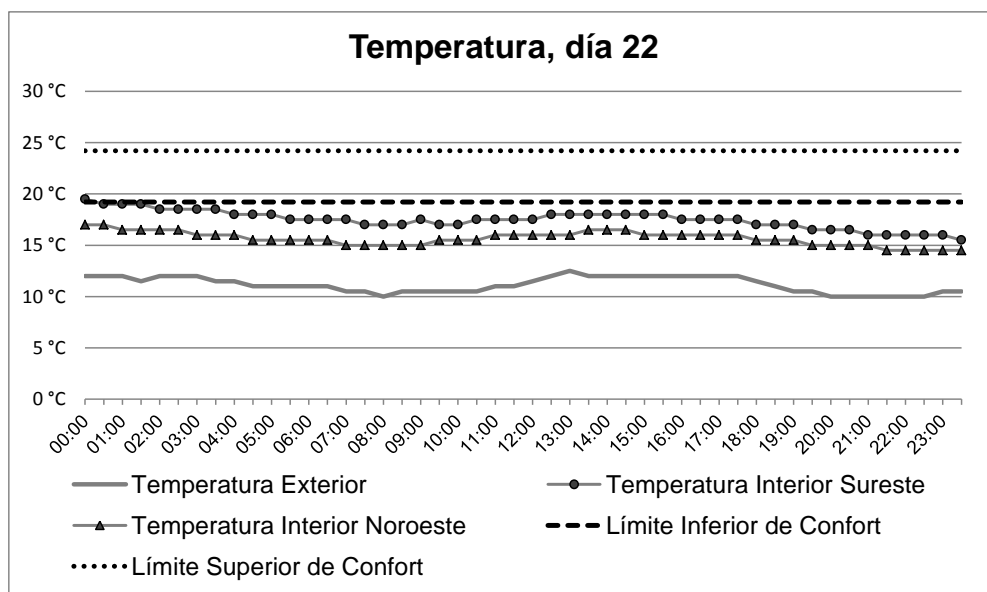
Gráfica de anexos 93: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo noveno día de monitoreo



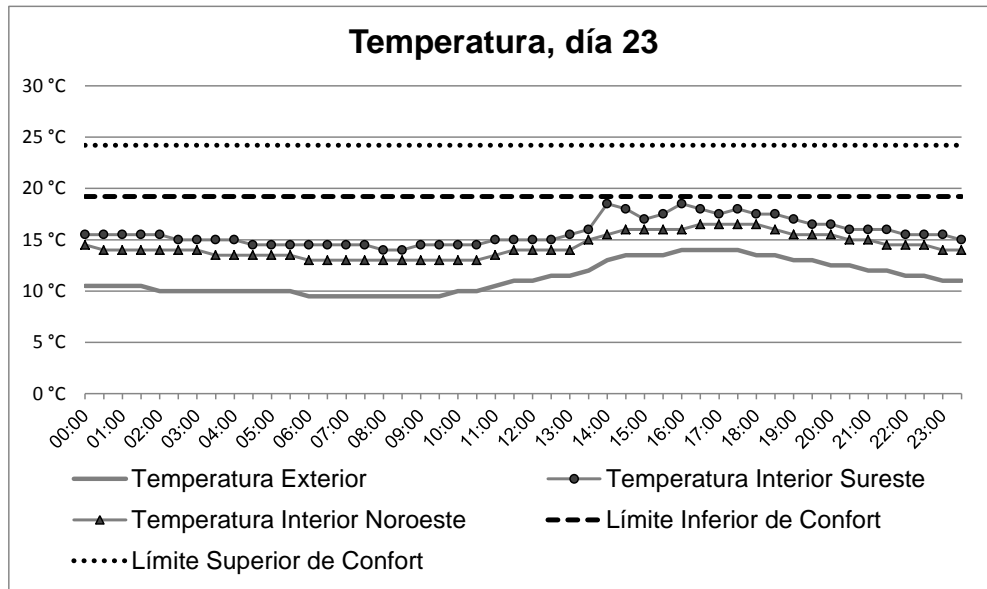
Gráfica de anexos 94: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo día de monitoreo



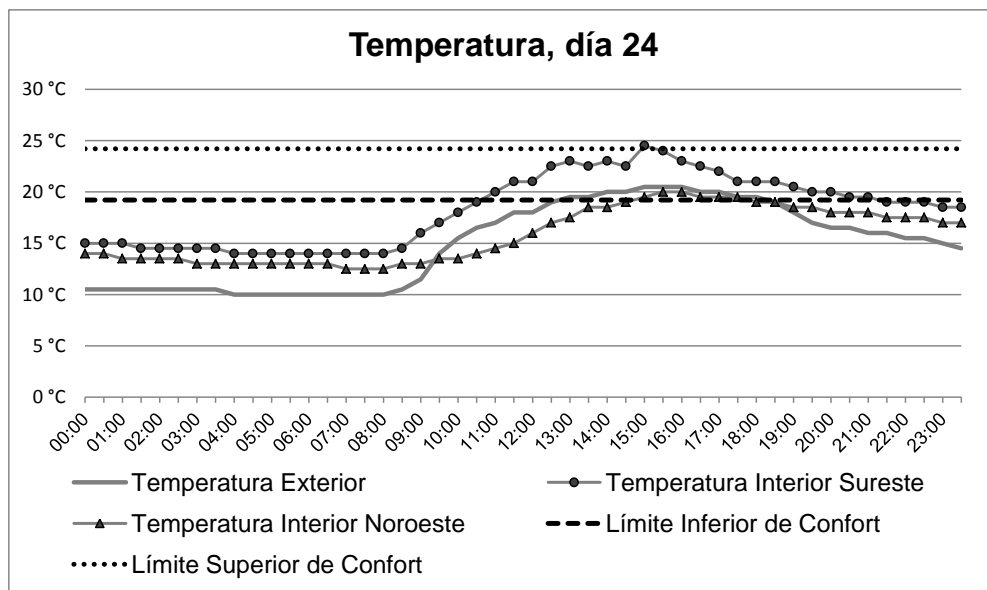
Gráfica de anexos 95: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo primer día de monitoreo



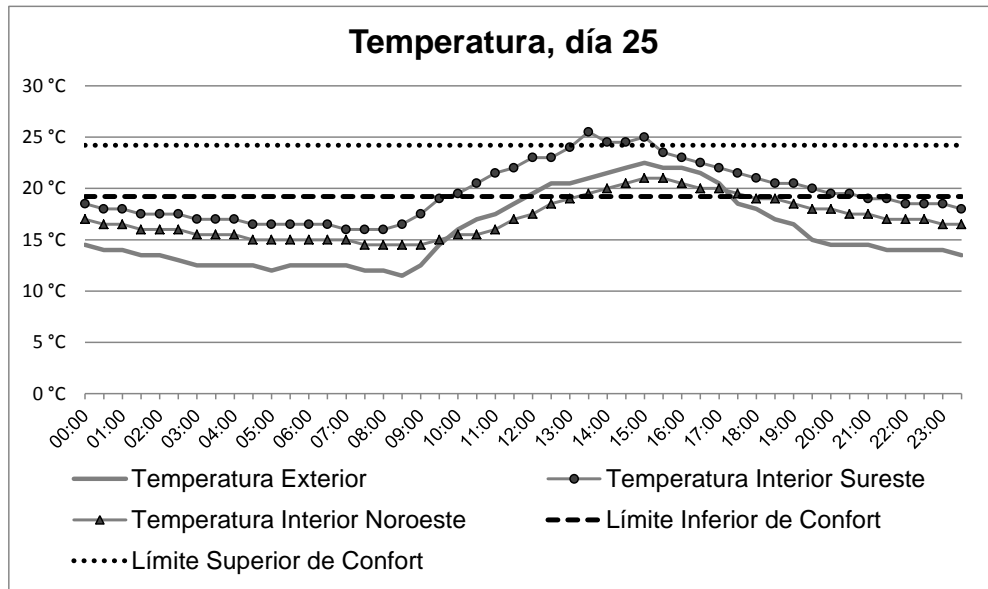
Gráfica de anexos 96: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo segundo día de monitoreo



Gráfica de anexos 97: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo tercer día de monitoreo

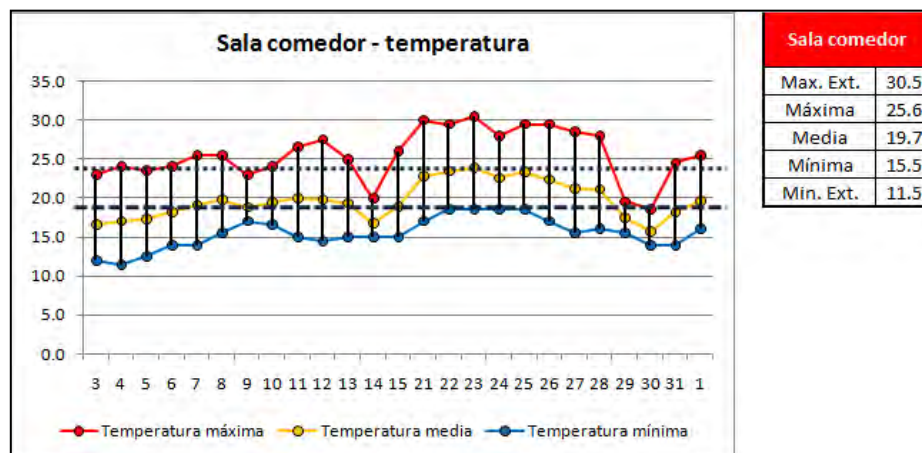


Gráfica de anexos 98: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo cuarto día de monitoreo



Gráfica de anexos 99: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo quinto día de monitoreo

Prototipo sureste - sala comedor - promedios de temperatura



Gráfica de anexos 100: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo sureste, sala-comedor, temporada fría

La gráfica presenta los valores de temperatura promedio, diarios, presentes en el espacio. La tabla muestra los promedios de temperatura (mínima, media y máxima) así como el valor máximo y mínimo extremos registrados.

La temperatura media promedio es de 19.7 °C. El valor se sitúa por encima del límite inferior de confort (19.2°C), por un margen reducido. Sin embargo, durante los días más cálidos, la temperatura media se situó apenas por debajo del límite superior de confort (24.2 °C). En los días más fríos registrados, la temperatura media no alcanza el rango de confort establecido.

El valor de temperatura máxima promedio es de 25.6 °C y se sitúa por encima del límite superior de confort. Esto quiere decir que se presentaron condiciones de sobrecalentamiento en el espacio. La temperatura máxima registrada fue de 30.5 °C, que se presentó durante el segundo periodo de monitoreo.

La temperatura mínima promedio, presente en el espacio durante el periodo de monitoreo, es de 15.5 °C. La temperatura mínima extrema registrada en el espacio es de 11.5 °C. Desde luego, las temperaturas mínimas registradas se encuentran por debajo de la zona de confort.

Prototipo sureste - sala comedor - temperaturas horarias

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
03-ene	14.0	13.5	13.0	13.0	12.5	12.5	12.5	12.5	12.0	15.0	16.0	17.5	19.0	20.5	22.0	23.0	22.5	22.0	20.0	19.0	17.5	16.5	16.0	15.5
04-ene	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	11.5	12.0	14.5	16.0	17.5	19.0	21.0	22.0	22.5	23.5	24.0	21.5	19.5	18.5	18.0	17.5	17.0
05-ene	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	13.0	15.0	17.0	18.5	19.5	21.0	23.0	23.5	22.0	20.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.0	16.5
06-ene	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	14.5	16.5	18.5	20.0	21.5	23.5	24.0	23.5	21.5	20.0	20.0	19.5	19.0	19.0	18.5
07-ene	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.5	16.5	18.5	20.5	22.5	23.5	24.5	25.0	25.0	22.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5
08-ene	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.5	16.0	18.0	20.5	21.5	23.0	24.5	25.0	25.5	23.0	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5
09-ene	19.0	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	17.0	17.0	18.0	17.0	18.0	19.0	19.5	20.0	21.0	21.0	23.0	20.5	19.5	19.0	19.0	18.5	18.5
10-ene	18.0	18.0	18.0	17.5	17.0	17.0	17.0	16.5	16.5	17.0	17.0	20.0	20.0	23.0	22.0	24.0	24.0	22.5	21.5	20.5	20.0	20.0	19.5	19.0
11-ene	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	17.0	18.5	20.0	21.5	23.0	24.5	25.5	26.5	26.0	23.5	22.0	21.0	20.5	19.5	19.0
12-ene	18.5	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.5	16.5	18.0	19.5	21.5	24.0	25.5	26.5	27.0	27.0	23.5	21.0	20.5	19.5	19.0	18.0
13-ene	17.5	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.5	19.0	21.0	22.5	24.0	24.5	25.0	24.0	24.0	22.0	21.0	20.0	19.5	19.0	18.5
14-ene	18.0	17.0	16.5	16.0	16.0	15.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	16.5	17.5	18.0	19.0	19.0	20.0	18.5	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0	16.0
15-ene	16.0	15.5	15.5	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	16.5	18.0	21.0	23.0	24.5	26.0	25.5	25.5	22.0	21.0	20.5	20.0	19.0	18.5
21-ene	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0	18.0	17.5	17.0	17.0	19.5	21.5	23.5	25.0	26.5	28.0	29.0	29.5	30.0	27.0	25.0	24.0	23.5	23.0	22.5
22-ene	21.5	21.0	20.5	20.0	20.0	19.5	19.0	18.5	18.5	20.5	22.5	24.0	25.5	27.0	28.5	29.0	29.5	28.0	26.5	25.5	24.5	24.0	23.5	23.0
23-ene	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5	18.5	21.0	22.5	24.5	26.0	27.5	29.0	30.0	30.5	30.5	28.0	25.5	25.0	24.0	23.5	23.0
24-ene	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5	18.5	19.0	21.0	22.5	23.5	25.5	26.5	26.5	26.5	28.0	25.5	24.0	23.5	23.0	22.5	22.0
25-ene	22.0	21.5	20.5	20.0	19.5	19.5	19.0	18.5	18.5	21.5	23.0	24.5	25.5	27.0	28.0	29.5	29.5	29.5	27.0	24.5	23.5	23.0	22.5	22.0
26-ene	21.5	21.0	20.0	19.5	19.0	18.0	17.5	17.0	17.0	19.5	21.0	22.5	24.0	25.5	27.0	28.5	29.0	29.0	27.0	24.0	23.0	22.0	21.5	20.5
27-ene	20.0	19.5	18.5	18.0	17.5	16.5	16.0	15.5	15.5	17.5	19.5	21.0	23.0	24.5	26.0	27.5	28.0	28.0	26.0	23.5	22.5	22.0	21.0	20.5
28-ene	20.0	19.5	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	16.0	18.5	20.0	22.0	23.5	25.0	26.5	28.0	28.0	26.0	24.5	22.0	21.5	20.5	20.0	20.0
29-ene	19.5	19.0	18.5	18.5	18.0	18.0	17.5	17.5	17.0	17.5	17.0	17.5	17.5	18.0	18.0	18.0	17.5	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0	16.0	16.0
30-ene	15.5	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5	14.5	14.0	14.5	14.5	15.0	15.0	15.5	18.5	17.0	18.5	17.5	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.5
31-ene	15.0	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	16.0	18.0	20.0	21.0	23.0	23.0	24.5	23.0	22.0	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5
01-feb	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0	16.0	17.5	19.5	21.5	23.0	24.0	24.5	25.0	23.0	22.0	21.0	20.5	19.5	19.0	18.5	18.5	18.5
Promedio	18.5	18.0	17.5	17.1	16.8	16.3	16.0	15.6	15.6	17.1	18.4	20.1	21.4	22.8	24.0	24.8	24.8	24.4	22.6	21.2	20.5	20.0	19.4	19.0

Gráfica de anexos 101: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo sureste, sala comedor, temporada fría

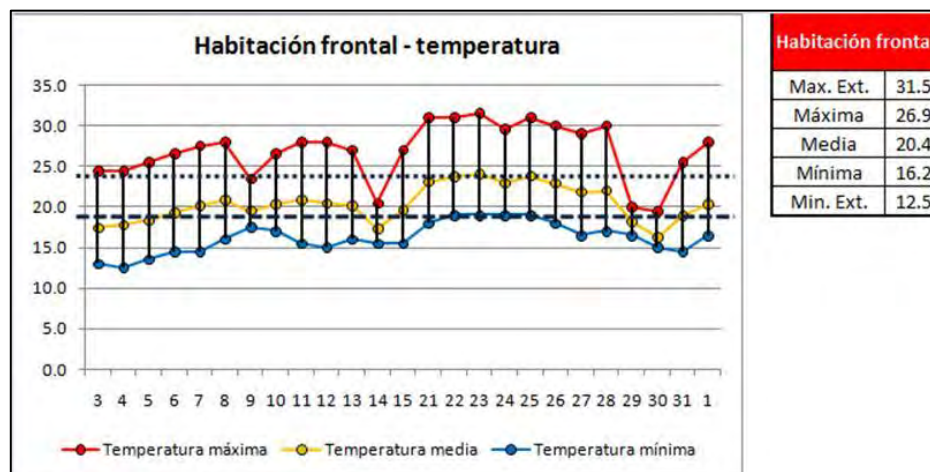
En el gráfico se encuentran los valores horarios de temperatura, presentes en el espacio monitoreado durante el periodo de registro. A partir del día 14 del monitoreo (correspondiente al 21 de enero), se presentó un aumento en la temperatura del espacio.

Generalmente, durante las noches y mañanas se presentan condiciones de bajo calentamiento en el espacio. En las horas más cálidas del día (alrededor de las 15 horas) existen condiciones de sobrecalentamiento en el espacio. Durante el periodo cálido del monitoreo, dicho sobrecalentamiento aumenta, extendiéndose su duración durante toda la tarde y las primeras horas de la noche.

Hacia mediodía (alrededor de las 12 horas) y después de la puesta del sol, existen condiciones de confort en el espacio.

En promedio, predominaron las condiciones de bajo calentamiento, que cubrieron el 51% del periodo de registro en el espacio. Durante el 35% del tiempo hubo condiciones de confort. Las condiciones de sobrecalentamiento se presentaron durante el 14% del monitoreo.

Prototipo sureste - habitación frontal - promedios de temperatura



Gráfica de anexos 102: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo sureste, habitación frontal, temporada fría

La gráfica presenta los valores de temperatura promedio, diarios, presentes en el espacio en cuestión. La tabla, situada a un costado del gráfico, muestra los promedios de temperatura (mínima, media y máxima) así como el valor máximo y mínimo extremos registrados.

La temperatura media promedio es de 20.4 °C. En promedio, la temperatura media se encuentra dentro de la zona de confort térmico.

Es necesario señalar que, durante los días más cálidos, la temperatura media se situó en el umbral superior del rango de confort establecido.

La temperatura máxima promedio es de 26.9 ° y la temperatura máxima registrada fue de 31.5 °C. De forma similar al espacio de usos múltiples, se presentaron condiciones de sobrecalentamiento en el espacio.

La temperatura mínima promedio de 16.2 °C. La temperatura mínima extrema registrada en el espacio tiene un valor de 11.5 °C.

Prototipo sureste - habitación frontal - temperaturas horarias

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Día 1	15.0	14.5	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	13.0	13.0	15.5	17.0	20.0	22.0	24.0	24.0	25.5	22.5	20.5	19.0	18.0	17.0	16.5	16.0	16.0
Día 2	15.5	15.0	14.5	14.0	14.0	13.5	13.0	12.5	13.0	15.0	17.0	20.0	22.0	24.0	24.5	24.0	23.5	21.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5	17.0
Día 3	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5	14.0	13.5	14.0	16.0	19.0	21.5	22.5	24.5	25.5	25.0	22.5	20.0	19.5	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0
Día 4	16.5	16.5	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	14.5	15.5	18.5	21.5	23.5	25.0	26.5	25.5	24.0	22.0	20.5	20.0	19.5	19.0	19.0	18.5
Día 5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	15.0	17.5	20.0	22.0	24.0	26.0	27.0	27.0	27.0	24.0	22.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0
Día 6	18.5	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0	16.0	17.5	20.5	24.0	25.5	27.0	28.0	28.0	28.5	24.5	22.5	21.5	21.5	21.0	20.5	20.0
Día 7	19.5	19.0	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.5	17.5	19.5	19.0	20.0	21.0	21.0	21.0	23.5	21.5	22.5	20.5	19.5	19.5	19.0	19.0	19.0
Día 8	18.5	18.5	18.0	18.0	17.5	17.5	17.5	17.0	17.0	18.0	18.5	23.5	23.5	26.5	25.0	26.5	26.0	23.0	21.5	20.5	20.5	20.0	19.5	19.5
Día 9	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	16.0	18.0	21.0	23.5	25.0	27.0	28.0	28.0	27.5	24.5	22.5	21.5	21.0	20.0	19.5	19.0
Día 10	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.5	17.5	20.5	23.0	24.5	27.0	28.0	28.0	27.0	24.5	22.5	21.0	20.0	19.5	19.0	18.5
Día 11	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	16.0	16.5	20.5	23.5	25.0	27.0	27.0	26.0	24.5	23.5	21.5	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5
Día 12	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	16.0	17.5	18.5	18.5	19.0	19.5	20.5	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.5	16.5
Día 13	16.5	16.0	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.5	15.5	18.0	17.5	21.5	24.0	26.0	27.0	27.0	25.0	23.5	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0
Día 14	21.0	20.5	20.0	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	18.0	19.0	22.0	25.5	27.0	29.5	30.5	30.5	30.0	27.5	25.0	24.0	23.0	22.5	22.5	22.0
Día 15	21.5	21.0	20.5	20.5	20.0	19.5	19.0	19.0	19.0	20.0	22.5	25.5	28.0	29.5	31.0	30.5	30.0	27.0	25.5	24.5	24.0	23.5	23.0	22.5
Día 16	22.0	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0	19.0	20.5	23.0	26.0	28.0	30.5	31.5	31.5	31.0	28.5	26.0	24.5	24.0	23.5	23.0	22.5
Día 17	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0	20.0	19.5	19.0	19.0	19.5	21.5	24.0	25.0	27.5	28.5	27.5	27.5	27.0	25.0	23.5	23.0	22.5	22.0	22.0
Día 18	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5	19.5	19.0	19.0	20.5	23.0	26.5	28.0	30.0	31.0	31.0	30.5	28.0	26.0	24.5	23.5	23.0	23.0	22.0
Día 19	22.0	21.5	21.0	20.5	19.5	19.0	18.5	18.0	18.0	19.0	21.5	25.0	26.5	29.0	30.0	30.0	29.5	27.5	25.0	23.0	22.5	21.5	21.0	20.5
Día 20	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.5	17.5	20.0	23.5	25.5	27.5	29.0	29.0	28.5	26.5	24.5	23.0	22.5	22.0	21.5	21.0
Día 21	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0	18.0	20.5	24.0	26.0	28.5	29.5	30.0	29.0	26.0	24.5	22.5	22.0	21.5	21.0	20.5
Día 22	20.0	20.0	19.5	19.0	19.0	18.5	18.5	18.0	18.0	19.0	18.0	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.5	16.5
Día 23	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.5	15.5	16.0	16.0	19.5	17.5	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.5	16.0
Día 24	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	16.0	18.0	21.0	23.0	25.5	26.5	25.5	24.0	22.0	21.0	20.5	20.0	19.5	19.5	19.0
Día 25	18.5	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	17.0	17.0	16.5	17.5	20.0	23.5	26.0	27.0	25.5	26.5	23.5	22.0	21.5	20.5	20.0	19.5	19.0	19.0
Promedio	18.8	18.4	18.0	17.7	17.3	16.8	16.6	16.3	16.3	17.5	19.6	22.4	23.9	25.7	26.4	26.4	25.3	23.6	22.1	21.0	20.4	20.0	19.6	19.2

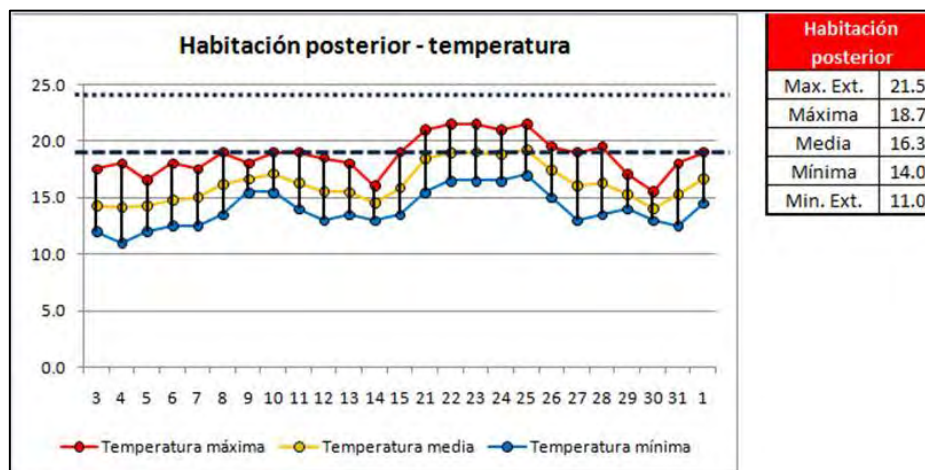
Gráfica de anexos 103: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo sureste, habitación frontal, temporada fría

En el espacio se presentaron condiciones de bajo calentamiento en la madrugada, principalmente, en las mañanas y, en algunas ocasiones, durante las primeras horas de la noche. A medio día, alrededor de las 12 horas, existen condiciones de sobrecalentamiento cuya duración se extiende durante la tarde y hasta el ocaso. Existen condiciones de confort durante un breve lapso antes del medio día (entre las 10 y las 12, aproximadamente) y después de ocultarse el sol hasta la madrugada.

Durante el periodo cálido, el tiempo de sobrecalentamiento aumenta, presentándose antes (a las 11 horas) y extendiéndose hasta la primera hora de la noche (19 horas). Las condiciones de confort, en este periodo, se presentan después de las 19 horas y se extiende hasta la madrugada. Las condiciones de bajo calentamiento se vieron disminuidas considerablemente.

En promedio, durante la temporada de monitoreo se presentaron condiciones de bajo calentamiento un 46% del tiempo, condiciones de confort en un 35% y de sobrecalentamiento durante 19% del tiempo.

Prototipo sureste - habitación posterior - promedios de temperatura



Gráfica de anexos 104: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo sureste, habitación posterior, temporada fría

La temperatura media promedio, en la habitación posterior, es de 16.3 °C. El valor de temperatura se sitúa por debajo de la zona de confort, prácticamente, durante todo el periodo de registro.

Sólo durante el día 18 del monitoreo (25 de enero), el valor de temperatura media en este espacio, sobrepasó el límite inferior de confort térmico con un valor de 19.3 °C.

El valor promedio de temperatura máxima es de 18.7 °C. La temperatura máxima presente en el espacio se encuentra por debajo del rango de confort, salvo durante los días más cálidos del mes, que se encontró dentro de la zona de confort térmico.

Por último, la temperatura mínima promedio presenta un valor de 14 °C. La temperatura mínima registrada es de 11 °C. La temperatura mínima en este espacio, desde luego, se encuentra debajo del límite inferior de confort.

Prototipo sureste - habitación posterior - temperaturas horarias

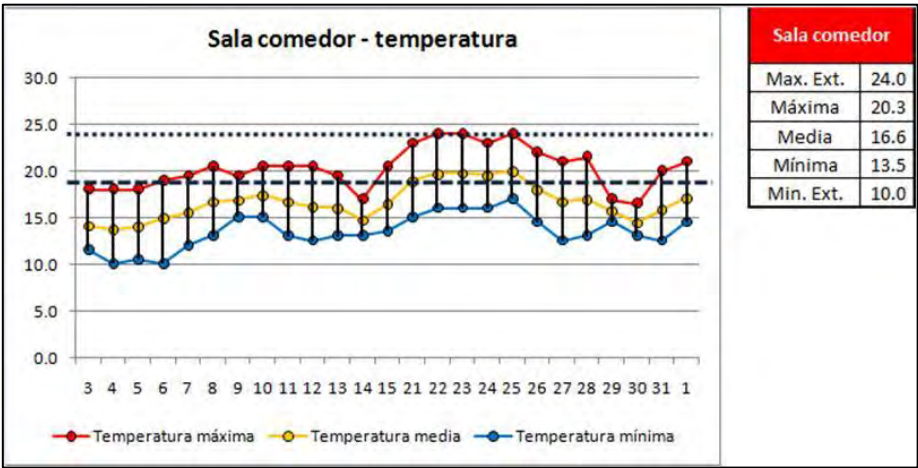
	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Día 1	14.0	13.5	13.0	12.5	12.5	12.5	12.0	12.0	12.0	12.0	12.5	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	17.5	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5
Día 2	14.0	13.5	13.0	13.0	12.5	12.0	11.5	11.0	11.0	11.0	11.5	12.5	13.0	15.0	16.0	17.0	17.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	16.0	15.5
Día 3	15.0	14.5	14.0	13.5	13.5	13.0	12.5	12.0	12.0	12.0	12.5	13.5	14.0	14.5	15.5	16.0	16.5	16.5	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5
Día 4	14.5	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	13.0	13.0	12.5	13.0	13.0	13.5	14.5	15.0	15.5	16.5	17.5	18.0	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5
Día 5	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.5	12.5	12.5	13.0	14.0	15.0	16.0	16.5	17.5	17.5	17.5	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0
Día 6	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.0	14.0	13.5	14.0	14.5	14.5	15.5	16.0	17.0	18.0	18.5	19.0	18.5	18.5	18.0	18.0	18.0	17.5
Día 7	17.0	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	16.0	16.5	17.0	17.0	17.5	17.5	18.0	17.5	17.5	17.5	17.0	17.0	17.0
Día 8	17.0	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.5	16.0	17.0	17.0	17.5	18.0	18.5	19.0	19.0	18.5	18.5	18.0	18.0	17.5	17.5
Día 9	17.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.5	15.5	16.0	17.0	18.0	18.5	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0
Día 10	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	14.0	14.5	15.5	16.5	17.5	18.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0
Día 11	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	14.0	14.5	15.5	16.0	17.0	17.5	18.0	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5	16.5	16.0
Día 12	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	14.0	14.5	15.0	15.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	14.5	14.5
Día 13	14.5	14.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	14.0	14.5	15.5	16.0	16.5	17.0	18.0	18.5	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	17.0
Día 14	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	16.0	15.5	16.0	16.5	17.5	18.0	19.0	20.0	20.5	21.0	21.0	21.0	20.5	20.0	20.0	19.5
Día 15	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5	16.5	16.5	17.0	17.5	18.0	19.0	19.5	20.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.0	20.5	20.5	20.0
Día 16	19.5	19.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.5	17.0	17.5	18.5	19.0	19.5	20.5	21.5	21.5	21.5	21.5	21.0	20.5	20.0	20.0
Día 17	19.5	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	16.5	16.5	16.5	17.0	17.5	18.0	19.0	19.5	20.5	21.0	21.0	21.0	20.5	20.5	20.5	20.0	20.0
Día 18	19.5	19.5	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	17.0	17.5	18.0	19.0	19.5	20.0	21.0	21.5	21.5	21.5	21.0	20.5	20.5	20.0	19.5
Día 19	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	15.0	16.0	16.5	17.0	18.0	19.0	19.5	19.5	19.5	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5
Día 20	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	13.0	13.5	14.0	15.0	15.5	16.5	17.5	18.5	19.0	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0
Día 21	16.5	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	14.0	13.5	13.5	14.0	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	19.0	19.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0
Día 22	17.0	16.5	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5	14.0
Día 23	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.5	13.5	14.0	14.5	15.0	15.5	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5	14.0
Día 24	14.0	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	12.5	13.0	13.5	14.5	15.0	16.0	17.0	17.5	18.0	18.0	18.0	18.0	17.5	17.5	17.0	17.0
Día 25	16.5	16.5	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	15.0	15.0	16.0	17.0	17.5	18.5	19.0	19.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5	
Promedio	16.5	16.2	15.8	15.5	15.2	14.9	14.5	14.2	14.0	14.1	14.4	15.1	15.7	16.4	17.2	17.9	18.5	18.6	18.4	18.1	17.7	17.5	17.2	16.8

Gráfica de anexos 105: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo sureste, habitación posterior, temporada fría

En cuanto al tercer, y último, espacio de monitoreo, se puede apreciar en la gráfica que hubo condiciones de bajo calentamiento durante prácticamente la totalidad del tiempo de monitoreo. Únicamente se presentaron condiciones de confort durante la temporada cálida y desde las 15 horas (aproximadamente) hasta la madrugada.

Este espacio presentó condiciones de frío el 90% del tiempo. La temperatura interior alcanzó condiciones de confort únicamente durante el 10% del tiempo restante debido a, como ya se mencionó, al aumento en la temperatura registrado durante el segundo periodo de registro.

Prototipo noroeste - sala comedor - promedios de temperatura



Gráfica de anexos 106: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo noroeste, sala comedor, temporada fría

La gráfica presenta los valores de temperatura promedio, diarios, presentes en el espacio. La tabla muestra los promedios de temperatura (mínima, media y máxima) así como el valor máximo y mínimo extremos registrados en el espacio en cuestión.

El valor promedio de temperatura media es de 16.6 °C. Por lo general, la temperatura media, presente en el interior del espacio, se encuentra bajo condiciones de bajo calentamiento. En los días más cálidos, la temperatura media alcanzó índices de confort, aunque fue por un margen muy bajo.

La temperatura máxima promedio en el área de usos múltiples es de 20.3 °C. La temperatura máxima registrada es de 24 °C. En promedio, durante las horas más cálidas del día se presentaron condiciones de confort térmico, excepto durante los días más fríos del periodo de monitoreo.

En cuanto a la temperatura mínima, esta promedió 13.5 °C al interior del espacio, un valor por debajo de la zona de confort definida.

Prototipo noroeste - sala comedor - temperaturas horarias

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
03-ene	13.5	13.0	12.5	12.0	12.0	12.0	11.5	11.5	11.5	11.5	12.0	13.0	14.0	15.5	16.5	17.5	18.0	17.5	17.0	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0
04-ene	13.5	13.0	12.5	12.0	11.5	11.0	10.5	10.0	10.0	10.0	10.5	11.5	13.0	14.5	16.5	17.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5
05-ene	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	11.5	11.0	10.5	10.5	11.0	11.5	13.0	14.5	16.0	17.0	18.0	17.5	17.0	16.0	15.0	15.0	14.5	14.0	14.0
06-ene	14.0	13.5	13.5	13.5	13.0	13.0	12.5	12.5	12.0	10.5	11.0	13.0	15.0	16.5	18.0	18.5	19.0	18.0	17.5	17.0	16.5	16.5	16.0	15.5
07-ene	15.0	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	12.0	12.0	12.5	14.0	15.5	17.0	18.0	19.0	19.5	19.5	19.0	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5
08-ene	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5	14.0	13.5	13.5	13.0	13.5	14.5	15.5	17.0	18.0	19.5	20.0	20.5	20.0	19.5	19.0	19.0	18.5	18.0	17.5
09-ene	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.0	15.0	15.0	15.5	16.0	17.0	17.5	18.0	19.5	19.5	19.0	18.0	18.0	18.0	17.5	17.5	17.5	17.0
10-ene	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.5	16.0	17.5	17.5	19.0	19.0	20.5	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5
11-ene	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	13.5	14.0	15.0	16.5	18.0	19.0	20.0	20.5	20.5	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0
12-ene	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.5	12.5	13.0	14.5	16.0	18.0	19.0	20.0	20.5	20.5	19.5	18.5	18.0	17.0	16.5	16.0
13-ene	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0	13.5	13.5	13.0	13.5	14.5	15.0	16.5	17.5	18.5	19.5	19.5	19.5	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0
14-ene	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	14.0	15.0	16.5	17.5	18.5	19.5	19.5	19.5	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0
15-ene	16.5	16.5	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.5	16.5	16.5	17.5	18.5	19.5	20.0	20.5	20.5	20.5	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0
21-ene	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	15.5	15.0	15.0	15.5	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.5	23.0	23.0	22.5	22.0	21.0	20.5	20.0	19.5
22-ene	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	16.0	16.5	17.0	18.0	19.0	20.5	22.0	23.5	24.0	24.0	23.0	22.5	21.5	21.0	21.0	20.0
23-ene	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0	16.0	16.5	18.0	19.0	21.0	22.0	23.5	24.0	24.0	23.5	22.5	22.0	21.5	20.5	20.0
24-ene	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5	16.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.5	22.0	22.5	23.0	23.0	22.5	21.5	21.0	21.0	20.5	20.5
25-ene	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	17.0	17.0	17.5	18.5	20.0	21.5	22.5	23.5	24.0	24.0	23.0	22.0	21.5	21.0	20.0	19.5
26-ene	19.0	18.5	18.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.5	15.0	16.0	17.0	18.5	20.0	21.0	21.5	22.0	21.0	20.0	19.5	19.0	18.5	17.5
27-ene	17.0	16.5	16.0	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	13.0	13.5	14.5	15.5	17.5	19.0	20.0	21.0	21.0	20.5	20.0	19.0	18.5	18.0	17.5
28-ene	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	13.5	14.0	15.0	16.5	18.0	19.5	21.0	21.5	21.5	20.5	19.5	18.5	18.0	17.5	17.5
29-ene	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	15.5	16.0	16.0	16.0	16.5	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5
30-ene	14.5	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.5	14.0	14.0	15.5	16.0	16.0	16.5	16.5	15.5	15.5	15.0	14.5	14.0
31-ene	14.0	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	12.5	12.5	13.0	13.5	14.5	16.0	17.5	18.5	19.5	20.0	19.5	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0
01-feb	17.0	16.5	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	14.5	14.5	15.5	16.0	17.5	19.0	20.0	21.0	20.5	20.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5
Promedio	16.4	16.0	15.6	15.2	14.8	14.3	14.1	13.8	13.6	13.7	14.2	15.3	16.6	17.8	18.9	19.9	20.2	20.0	19.3	18.7	18.2	17.8	17.3	16.8

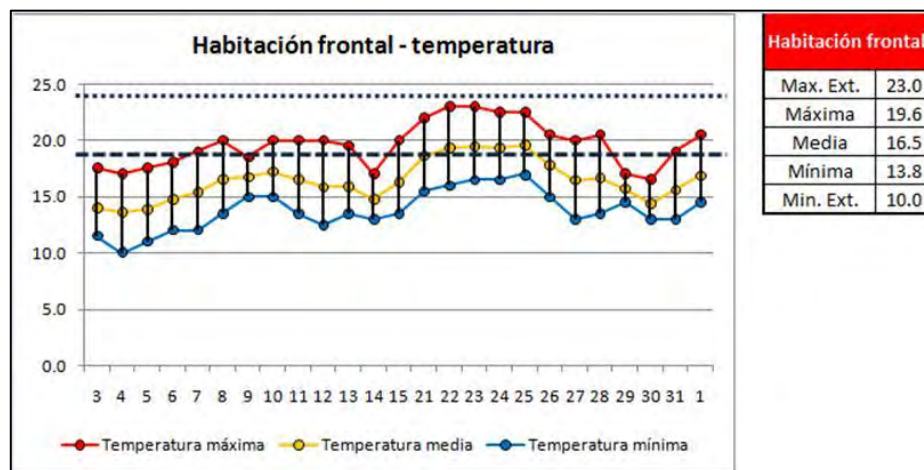
Gráfica de anexos 107: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo noroeste, sala comedor, temporada fría

La gráfica muestra los valores horarios de temperatura que se presentaron al interior del espacio (el área de usos múltiples en este caso).

En el área en cuestión predominan condiciones de bajo calentamiento durante gran parte del día. Hacia las horas más cálidas del día, se entra en confort, pero únicamente durante un periodo muy breve de tiempo (en promedio 4 horas) y con un valor que apenas sobrepasa el límite inferior de confort. En la temporada cálida que se presentó durante el monitoreo, las horas de confort aumentan y con un margen superior, alcanzando en ocasiones el límite superior de confort.

En promedio, en el área de usos múltiples hubo condiciones de frío durante 81% del tiempo. El restante 19% del tiempo de monitoreo se presentaron temperaturas dentro del rango de confort.

Prototipo noroeste - habitación frontal - promedios de temperatura



Gráfica de anexos 108: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo noroeste, habitación frontal, temporada fría

La temperatura media promedio en la habitación frontal es de 16.5 °C. Dicho valor se sitúa por debajo de un rango de confort aceptable, con lo que están presentes condiciones de bajo calentamiento al interior del espacio.

La temperatura máxima promedio tiene un valor de 19.6 °C y se registró una máxima de 23 °C en el espacio. En promedio, los valores máximos de temperatura se encuentran en condiciones de confort. El momento en que se presentan estas temperaturas es durante las tardes, alrededor de las 15:00 horas. Durante los días más fríos de la temporada invernal, no se supera el límite inferior de la zona de confort térmico.

En cuanto a temperatura mínima, el promedio es de 13.8 °C. Se registró una mínima extrema de 10 °C. Tratándose de un espacio con una orientación inconveniente, es de esperarse que durante la temporada invernal monitoreada se presenten temperaturas por debajo del rango de confort en el espacio.

Prototipo noroeste - habitación frontal - temperaturas horarias

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
03-ene	13.5	13.0	12.5	12.5	12.0	12.0	12.0	11.5	11.5	12.0	12.5	13.0	14.0	15.0	16.5	17.0	17.5	17.5	17.0	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0
04-ene	13.5	13.0	12.5	12.0	11.5	11.0	11.0	10.5	10.0	10.5	11.0	12.0	13.0	14.5	16.5	17.0	17.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5
05-ene	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	12.0	11.5	11.0	11.0	11.5	12.0	13.0	14.0	15.5	16.5	17.0	17.5	17.0	16.0	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0
06-ene	14.0	13.5	13.5	13.5	13.0	13.0	12.5	12.5	12.0	12.0	12.5	13.5	15.0	16.0	17.0	18.0	18.0	18.0	17.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.5
07-ene	15.0	14.5	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	12.0	12.5	13.0	14.0	15.5	16.5	17.5	18.5	19.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0
08-ene	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	14.5	15.5	17.0	18.0	19.0	20.0	20.0	20.0	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.5
09-ene	17.0	16.5	16.5	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	15.5	16.0	16.5	17.0	18.0	18.0	18.5	18.5	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	17.0	17.0
10-ene	16.5	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.5	16.0	17.5	17.5	18.5	19.0	20.0	20.0	20.0	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0
11-ene	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.5	13.5	14.0	15.5	17.0	18.0	19.0	19.5	20.0	20.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5
12-ene	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.5	13.0	13.5	14.5	16.0	17.0	18.0	19.5	19.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0
13-ene	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	14.5	15.0	16.5	17.5	18.5	19.0	19.0	19.0	18.5	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5
14-ene	15.5	15.0	14.5	14.0	14.0	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.5	14.5	15.5	16.0	16.5	17.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5
15-ene	14.5	14.5	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	19.5	20.0	20.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0
21-ene	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.5	15.5	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	22.0	22.0	21.0	20.5	20.5	20.0	19.5
22-ene	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0	16.5	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.5	23.0	23.0	22.5	22.0	21.0	20.5	20.0	20.0
23-ene	19.5	19.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.5	16.5	17.0	17.5	19.0	20.0	21.0	22.0	22.5	23.0	22.5	22.0	21.5	21.0	20.5	20.0
24-ene	19.5	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	16.5	16.5	16.5	17.0	18.0	19.0	20.0	21.5	22.0	22.5	22.5	22.0	21.0	20.5	20.5	20.0	20.0
25-ene	19.5	19.5	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.0	17.0	17.5	17.5	18.5	19.5	20.5	21.5	22.0	22.5	22.5	22.5	21.5	21.0	20.5	20.0	19.5
26-ene	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	15.5	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	20.5	20.5	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5
27-ene	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	13.5	14.0	14.5	15.5	17.0	18.0	19.0	19.5	20.0	20.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5
28-ene	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	14.0	13.5	14.0	14.0	15.0	16.0	17.5	18.5	19.5	20.5	20.5	20.0	19.0	18.0	17.5	17.5	17.0
29-ene	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.5	15.0	15.5	15.5	16.0	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5
30-ene	14.5	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	13.5	14.0	14.5	15.5	16.0	16.0	16.0	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5	14.0
31-ene	14.0	13.5	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.5	14.5	15.5	17.0	18.0	19.0	19.0	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	17.0
01-feb	16.5	16.5	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	14.5	15.0	15.5	16.0	17.5	18.5	19.5	20.5	20.0	19.5	19.0	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5
Promedio	16.4	16.0	15.6	15.3	14.9	14.6	14.3	13.9	13.8	14.1	14.5	15.4	16.5	17.5	18.4	19.2	19.5	19.5	19.0	18.3	17.8	17.5	17.1	16.7

Gráfica de anexos 109: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo noroeste, habitación frontal, temporada fría

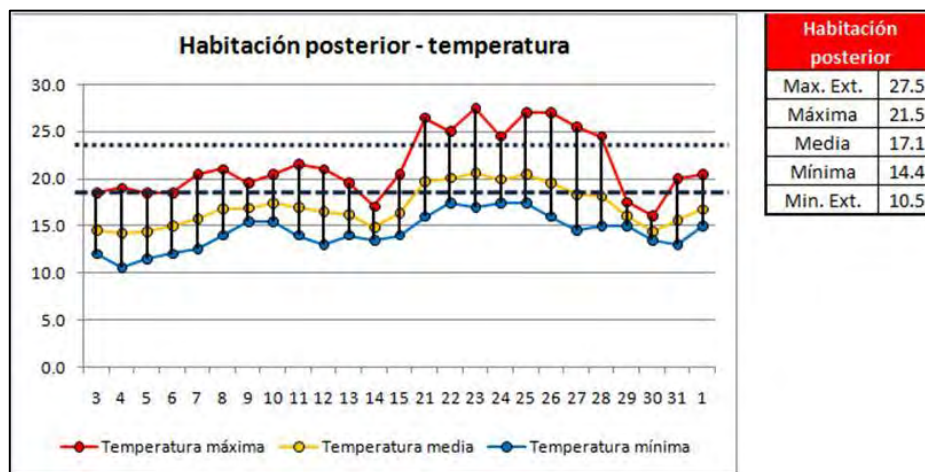
En el diagrama de temperaturas horarias se puede apreciar que la recámara frontal presenta un comportamiento similar al área de usos múltiples.

Durante la mayor parte del tiempo de registro se presentaron condiciones de frío, con temperaturas debajo de confort térmico. Dichas condiciones de bajo calentamiento están presentes durante casi todo el día, excepto en las tardes. En los días más fríos, las temperaturas se encuentran debajo del límite inferior de confort a lo largo de todo el día.

En las tardes, alrededor de las 15:00 horas, la temperatura asciende y se localiza en un valor de confort. Sin embargo, el momento es muy breve y los valores se sitúan ligeramente por encima del límite inferior de confort. En el segundo periodo, cuando se presentó un aumento en temperatura, los momentos de confort se extienden hasta la noche, y en algunas ocasiones hasta las primeras horas de la madrugada.

En promedio, sólo se presenta un momento muy breve de confort en el espacio, que comienza alrededor de las 15:00 horas.

Prototipo noroeste - habitación posterior - promedios de temperatura



Gráfica de anexos 110: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo noroeste, habitación posterior, temporada fría

El valor promedio de temperatura media, en la habitación posterior, es de 17.1 °C. La temperatura en el espacio es fría, con relación al rango de confort establecido durante el análisis bioclimático, por lo que no existe un índice de comodidad térmica. En cuanto a temperatura media diaria, únicamente durante la semana cálida del monitoreo se alcanzaron índices de confort.

En cuanto al promedio de temperatura máxima en el espacio, se presentó con un valor de 21.5 °C, con lo que se sitúa dentro del rango de confort térmico. Se registró una máxima de 27.5°C, por encima del límite superior de confort. Al presentarse el aumento de temperatura en el registro, los valores máximos presentaron condiciones de sobrecalentamiento.

La temperatura mínima promedio es de 14.4 °C y se registró una mínima de 10.5 °C. Los valores anteriores significan que, durante las horas más frías del periodo de monitoreo, existen condiciones notables de bajo calentamiento en el espacio monitoreado.

Prototipo noroeste - habitación posterior - temperaturas horarias

	00:00	01:00	02:00	03:00	04:00	05:00	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
03-ene	14.0	13.5	13.0	13.0	12.5	12.5	12.5	12.0	12.0	12.0	12.5	13.5	14.5	15.5	17.0	18.0	18.5	18.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5
04-ene	14.0	13.5	13.0	12.5	12.5	12.0	11.5	11.0	11.0	11.0	11.5	12.5	13.5	15.0	17.0	17.5	18.5	19.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.5	15.0
05-ene	14.5	14.0	14.0	13.5	13.0	12.5	12.0	11.5	11.5	11.5	12.5	13.0	14.5	15.5	17.0	18.0	18.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5
06-ene	14.5	14.0	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	13.0	12.5	12.0	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.5	16.0	15.5
07-ene	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	13.5	13.0	12.5	12.5	12.5	13.0	14.0	15.5	16.5	18.0	19.0	20.0	20.5	19.0	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5
08-ene	16.5	16.0	15.5	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0	14.0	14.5	15.5	16.5	18.0	19.0	20.0	21.0	20.0	19.0	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5
09-ene	17.5	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.5	15.5	16.0	16.0	17.0	17.0	17.5	18.5	18.5	19.5	18.0	18.0	17.5	17.5	17.5	17.0
10-ene	17.0	17.0	16.5	16.5	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.5	16.0	17.0	17.5	18.5	18.5	20.0	20.5	20.0	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.5
11-ene	17.0	16.5	16.5	16.0	15.5	15.0	14.5	14.0	14.0	14.0	14.5	15.5	16.5	18.0	19.0	20.0	21.0	21.0	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0
12-ene	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5	14.0	13.5	13.0	13.5	14.0	15.0	17.0	17.5	18.5	19.5	20.5	21.0	19.5	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5
13-ene	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0	14.0	14.5	15.0	16.0	17.5	18.0	19.0	19.0	19.5	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0
14-ene	16.0	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	13.5	14.0	15.0	15.0	15.5	16.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0
15-ene	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.5	17.5	18.5	18.5	19.5	20.5	20.5	19.0	18.5	18.0	18.0	17.5	17.0	17.0
21-ene	19.0	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5	16.5	16.5	17.0	18.0	19.0	19.0	20.0	21.0	23.0	25.5	26.5	23.0	21.5	21.0	20.5	20.5
22-ene	19.5	19.5	19.0	18.5	18.5	18.0	18.0	17.5	17.5	17.5	18.0	19.0	19.5	20.5	22.0	23.5	24.5	24.5	22.5	21.5	21.5	21.0	20.5	20.5
23-ene	20.0	19.5	19.5	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.5	17.5	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	24.0	26.0	27.5	24.5	22.5	22.0	21.5	21.0	20.5
24-ene	20.5	20.0	19.5	19.0	18.5	18.5	18.0	17.5	17.5	17.5	18.0	18.5	19.5	20.5	21.5	22.0	23.0	24.5	23.0	21.0	21.0	20.5	20.5	20.0
25-ene	20.0	19.5	19.5	19.0	18.5	18.5	18.0	18.0	17.5	17.5	18.5	19.0	20.0	21.0	22.0	24.0	26.0	27.0	24.0	22.0	21.0	21.0	20.5	20.0
26-ene	19.5	19.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	16.0	16.5	17.5	18.5	19.5	21.0	23.0	25.0	27.0	24.0	21.0	20.5	20.0	19.5	19.0
27-ene	18.5	18.0	17.5	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	14.5	15.5	16.0	17.0	18.5	20.0	21.5	24.0	25.5	23.0	20.5	19.5	19.0	19.0	18.5
28-ene	18.0	17.5	17.0	17.0	16.5	16.0	15.5	15.0	15.0	15.0	15.5	16.5	17.5	19.0	20.0	22.0	23.5	23.5	21.5	19.5	19.0	18.5	18.0	18.0
29-ene	17.5	17.5	17.0	17.0	16.5	16.5	16.5	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.0	16.5	16.5	16.5	16.0	16.0	16.0	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0
30-ene	14.5	14.5	14.5	14.0	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	14.0	14.0	14.0	15.5	15.0	16.0	16.0	16.0	15.5	15.0	14.5	14.5	14.0
31-ene	14.0	14.0	13.5	13.5	13.5	13.5	13.0	13.0	13.0	13.0	14.0	15.0	15.5	17.0	18.0	18.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	17.0	16.5
01-feb	16.5	16.0	16.0	15.5	15.5	15.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.5	16.5	17.5	18.5	19.0	20.5	19.0	18.5	18.0	17.5	17.5	17.0	16.5	16.5
Promedio	16.8	16.5	16.2	15.8	15.6	15.3	15.0	14.8	14.5	14.5	15.0	15.6	16.7	17.7	18.7	19.8	20.8	21.0	19.6	18.6	18.2	17.8	17.5	17.1

Gráfica de anexos 111: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo noroeste, habitación posterior, temporada fría

En la habitación posterior del prototipo noroeste, se puede apreciar que, al igual que en los otros dos espacios monitoreados, las condiciones de frío predominaron durante el periodo de monitoreo. La principal diferencia con respecto a los otros espacios, es que hubo un sobrecalentamiento en la habitación, durante el periodo cálido del registro.

Se observa en la gráfica que en las noches, madrugadas y en las mañanas se presentan condiciones de bajo calentamiento. En las tardes la temperatura asciende y se sitúa dentro de la zona de confort térmico. Al igual que con el resto de los espacios, el periodo de temperatura de confort se extiende hasta la noche en la semana cálida del monitoreo. Endicho periodo cálido se presentó un sobrecalentamiento del espacio, aunque la duración de dichas condiciones de calor fue muy breve.

Las condiciones de bajo calentamiento abarcaron el 81% del tiempo. Durante el 17% del monitoreo existieron temperaturas dentro del rango de confort. El sobrecalentamiento del espacio se presentó únicamente durante el 2% del tiempo de registro.

Comparativa de simulación de cálculo

Introducción

El análisis del comportamiento térmico de los prototipos estudiados, durante el periodo cálido, se realiza mediante simulación por software y con dos métodos distintos. En el primero, se emplea el software “Energy Plus ®”. En el segundo caso, se utiliza la metodología de cálculo desarrollada por el Dr. Victor Armando Fuentes Freixanet, del departamento de arquitectura bioclimática de la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Azcapotzalco.

Con el fin de establecer una comparativa de los resultados, así como la validez de los mismos, éstos habrán de cotejarse con el registro físico desarrollado en sitio, durante el periodo invernal. Se habrán de comparar valores de temperatura promedio, así como máximos y mínimos de temperatura dentro de los espacios. También se observará la hora en la que se presenta la temperatura más alta y la más baja.

Prototipo sureste – Habitación frontal - Temperatura media

Hora	Registro en sitio (a)	Simulación energy plus (b)	Balance térmico (c)	a-b	a-c
00:00	18.8	19.0	10.9	0.2	7.9
01:00	18.4	18.6	10.1	0.1	8.3
02:00	18.0	18.2	9.3	0.2	8.7
03:00	17.7	17.8	8.6	0.1	9.0
04:00	17.3	17.4	8.1	0.1	9.2
05:00	16.9	17.1	7.5	0.2	9.4
06:00	16.6	16.8	7.1	0.2	9.5
07:00	16.3	16.5	7.5	0.2	8.8
08:00	16.3	16.3	8.7	0.0	7.6
09:00	17.5	16.6	12.9	1.0	4.6
10:00	19.6	17.4	17.6	2.2	2.0
11:00	22.4	18.5	21.4	3.9	1.0
12:00	23.9	19.6	23.3	4.4	0.6
13:00	25.7	20.5	23.9	5.2	1.8
14:00	26.4	21.3	23.2	5.0	3.2
15:00	26.4	22.1	22.1	4.4	4.4
16:00	25.5	22.5	21.2	3.0	4.3
17:00	23.6	22.6	19.9	1.0	3.7
18:00	22.1	22.2	18.6	0.2	3.5
19:00	21.0	21.5	16.9	0.5	4.1
20:00	20.4	20.8	15.2	0.4	5.2
21:00	20.0	20.2	14.0	0.3	6.0
22:00	19.6	19.8	12.7	0.2	6.9
23:00	19.2	19.3	11.8	0.1	7.5
				1.4	5.7

Tabla de anexos 1: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo sureste

La simulación realizada mediante Energy Plus ® es más acertada que la metodología de cálculo del balance térmico. La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® es de 1.4 k, mientras que el balance térmico presenta una diferencia promedio de 5.7 k. Sin embargo, durante las horas más cálidas del día los resultados del balance térmico son más próximos a los registros reales obtenidos en sitio, mientras que los obtenidos mediante Energy Plus ® se encuentran por debajo de los valores reales, hasta por 5 k.

Prototipo sureste – Sala comedor - Temperatura máxima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	22.0	21.8	18.1	0.2	3.9
01:00	22.0	21.5	17.4	0.5	4.6
02:00	21.5	21.1	16.9	0.4	4.6
03:00	21.0	20.6	16.4	0.4	4.6
04:00	20.5	20.2	15.6	0.3	4.9
05:00	20.0	19.9	15.0	0.1	5.0
06:00	19.5	19.6	14.0	0.1	5.5
07:00	19.0	19.4	14.2	0.4	4.8
08:00	19.0	19.2	15.4	0.2	3.6
09:00	20.5	19.6	19.2	0.9	1.3
10:00	23.0	20.3	23.2	2.7	0.2
11:00	26.5	21.2	26.9	5.3	0.4
12:00	28.0	22.5	28.6	5.5	0.6
13:00	30.5	23.8	30.4	6.7	0.1
14:00	31.5	24.8	30.1	6.7	1.4
15:00	31.5	25.6	29.2	5.9	2.3
16:00	31.0	26.1	28.7	4.9	2.3
17:00	28.5	26.2	28.1	2.3	0.4
18:00	26.0	25.7	27.4	0.3	1.4
19:00	24.5	24.9	25.4	0.4	0.9
20:00	24.0	24.1	23.9	0.1	0.1
21:00	23.5	23.3	22.9	0.2	0.6
22:00	23.0	22.7	21.9	0.3	1.1
23:00	22.5	22.2	20.6	0.3	1.9
				1.9	2.4

Tabla de anexos 2: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo sureste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.9 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 2.4 k. Durante las horas más cálidas del día los resultados del balance térmico son más próximos a los registros reales obtenidos en sitio, mientras que los obtenidos mediante Energy Plus ® se encuentran por debajo de los valores reales, con una diferencia de hasta 6.7 k.

Prototipo sureste – Habitación frontal - Temperatura mínima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	15.0	15.3	3.6	0.3	11.4
01:00	14.5	14.9	3.0	0.4	11.5
02:00	14.0	14.5	2.3	0.5	11.7
03:00	14.0	14.2	1.7	0.2	12.3
04:00	13.5	13.8	0.9	0.3	12.6
05:00	13.5	13.5	0.5	0.0	13.0
06:00	13.0	13.2	0.4	0.2	12.6
07:00	12.5	12.9	1.3	0.4	11.2
08:00	13.0	12.7	3.0	0.3	10.0
09:00	15.0	13.2	7.8	1.8	7.2
10:00	15.0	14.5	12.8	0.5	2.2
11:00	15.5	15.5	16.9	0.0	1.4
12:00	16.0	16.3	17.5	0.3	1.5
13:00	16.0	17.0	17.6	1.0	1.6
14:00	18.5	17.6	15.9	0.9	2.6
15:00	17.5	18.2	13.7	0.7	3.8
16:00	18.5	18.6	12.6	0.1	5.9
17:00	18.0	18.5	11.6	0.5	6.4
18:00	17.5	18.3	10.8	0.8	6.7
19:00	17.0	17.6	10.4	0.6	6.6
20:00	16.5	17.0	9.9	0.5	6.6
21:00	16.5	16.5	8.2	0.0	8.3
22:00	16.0	16.1	6.1	0.1	9.9
23:00	15.5	15.8	4.6	0.3	10.9
				0.4	7.8

Tabla de anexos 3: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo sureste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 0.4 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 7.8 k. La simulación térmica realizada con Energy Plus ® es más próxima al registro físico durante todo el día.

Prototipo sureste – Sala comedor - Temperatura media

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	18.5	18.6	11.0	0.1	7.5
01:00	18.0	18.2	10.2	0.1	7.9
02:00	17.5	17.7	9.4	0.2	8.1
03:00	17.1	17.3	8.7	0.2	8.4
04:00	16.8	16.9	8.2	0.1	8.6
05:00	16.3	16.6	7.6	0.2	8.8
06:00	16.0	16.2	7.2	0.3	8.7
07:00	15.6	16.0	7.8	0.3	7.8
08:00	15.6	15.7	9.1	0.2	6.4
09:00	17.1	16.0	12.5	1.1	4.6
10:00	18.4	16.7	17.0	1.8	1.5
11:00	20.1	17.6	21.1	2.5	1.0
12:00	21.4	18.7	24.0	2.7	2.6
13:00	22.9	19.9	25.8	3.1	2.9
14:00	24.0	20.9	25.9	3.1	1.8
15:00	24.9	21.8	24.5	3.1	0.4
16:00	24.9	22.4	22.5	2.5	2.4
17:00	24.4	22.6	20.6	1.8	3.8
18:00	22.6	22.3	19.0	0.3	3.6
19:00	21.2	21.4	17.2	0.2	4.0
20:00	20.5	20.6	15.4	0.1	5.1
21:00	20.0	20.0	14.2	0.0	5.8
22:00	19.4	19.5	12.9	0.0	6.6
23:00	19.0	19.0	11.9	0.0	7.1
				1.0	5.2

Tabla de anexos 4: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo sureste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.0 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 5.2 k. Durante las horas más cálidas del día los resultados del balance térmico son más próximos a los registros reales obtenidos en sitio, mientras que los obtenidos mediante Energy Plus ® se encuentran por debajo de los valores reales, con una diferencia de hasta 3.1 k.

Prototipo sureste – Sala comedor - Temperatura máxima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	22.0	21.5	18.0	0.5	4.0
01:00	21.5	21.1	17.4	0.4	4.1
02:00	21.0	20.7	17.0	0.3	4.0
03:00	20.5	20.2	16.4	0.3	4.1
04:00	20.0	19.7	15.7	0.3	4.3
05:00	19.5	19.3	15.0	0.2	4.5
06:00	19.0	19.1	14.2	0.1	4.8
07:00	18.5	18.8	14.5	0.3	4.0
08:00	18.5	18.7	15.8	0.2	2.7
09:00	21.5	19.1	18.8	2.4	2.7
10:00	23.0	19.7	22.6	3.3	0.4
11:00	24.5	20.5	26.6	4.0	2.1
12:00	26.0	21.6	29.3	4.4	3.3
13:00	27.5	23.1	32.2	4.4	4.7
14:00	29.0	24.5	32.8	4.5	3.8
15:00	30.0	25.6	31.6	4.4	1.6
16:00	30.5	26.2	30.0	4.3	0.5
17:00	30.5	26.3	28.7	4.2	1.8
18:00	28.0	25.9	27.8	2.1	0.2
19:00	25.5	24.9	25.7	0.6	0.2
20:00	25.0	23.9	24.1	1.1	0.9
21:00	24.0	23.2	23.1	0.8	0.9
22:00	23.5	22.5	22.0	1.0	1.5
23:00	23.0	22.0	20.7	1.0	2.3
				1.9	2.6

Tabla de anexos 5: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo sureste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.9 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 2.6 k. Durante las horas más cálidas del día los resultados del balance térmico son más próximos a los registros reales obtenidos en sitio, mientras que los obtenidos mediante Energy Plus ® se encuentran por debajo de los valores reales, con una diferencia de hasta 4.5 k.

Prototipo sureste – Sala comedor - Temperatura mínima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	14.0	14.8	3.8	0.8	10.2
01:00	13.5	14.4	3.1	0.9	10.4
02:00	13.0	14.0	2.4	1.0	10.6
03:00	13.0	13.6	1.8	0.6	11.2
04:00	12.5	13.2	1.0	0.7	11.5
05:00	12.5	12.8	0.5	0.3	12.0
06:00	12.0	12.6	0.5	0.6	11.5
07:00	11.5	12.3	1.5	0.8	10.0
08:00	12.0	12.1	3.3	0.1	8.7
09:00	14.5	12.6	7.3	1.9	7.2
10:00	14.5	13.6	12.2	0.9	2.3
11:00	15.0	14.7	16.8	0.3	1.8
12:00	15.0	15.5	18.4	0.5	3.4
13:00	15.5	16.2	19.6	0.7	4.1
14:00	18.0	16.8	18.7	1.2	0.7
15:00	17.0	17.6	16.3	0.6	0.7
16:00	17.5	18.3	14.0	0.8	3.5
17:00	17.5	18.4	12.4	0.9	5.1
18:00	17.0	18.1	11.3	1.1	5.7
19:00	17.0	17.1	10.6	0.1	6.4
20:00	16.5	16.5	10.1	0.0	6.4
21:00	16.0	16.1	8.4	0.1	7.6
22:00	15.5	15.6	6.4	0.1	9.1
23:00	15.5	15.3	4.8	0.2	10.7
				0.6	7.1

Tabla de anexos 6: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo sureste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 0.6 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 7.1 k. La simulación realizada con Energy Plus ® se aproxima más que la metodología de balance térmico durante, prácticamente, todas las horas del día.

Prototipo sureste – Habitación posterior - Temperatura media

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	16.5	18.2	10.9	1.6	5.6
01:00	16.2	17.8	10.1	1.6	6.1
02:00	15.8	17.5	9.3	1.7	6.5
03:00	15.5	17.1	8.7	1.7	6.8
04:00	15.2	16.8	8.1	1.7	7.1
05:00	14.9	16.6	7.5	1.7	7.4
06:00	14.5	16.3	7.0	1.8	7.5
07:00	14.2	16.1	7.0	1.8	7.2
08:00	14.0	15.9	7.4	1.9	6.6
09:00	14.1	16.0	9.7	1.9	4.4
10:00	14.4	16.4	13.2	2.0	1.2
11:00	15.1	17.2	16.3	2.1	1.2
12:00	15.7	18.0	18.3	2.2	2.6
13:00	16.4	18.8	19.8	2.4	3.4
14:00	17.2	19.5	20.6	2.4	3.5
15:00	17.9	20.2	20.9	2.3	2.9
16:00	18.5	20.7	20.6	2.2	2.2
17:00	18.6	20.9	19.7	2.2	1.0
18:00	18.4	20.8	18.4	2.4	0.0
19:00	18.1	20.3	16.8	2.2	1.3
20:00	17.7	19.8	15.2	2.1	2.6
21:00	17.5	19.3	14.0	1.8	3.5
22:00	17.2	18.9	12.7	1.7	4.5
23:00	16.8	18.5	11.8	1.6	5.1
				2.0	4.2

Tabla de anexos 7: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo sureste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 2.0 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 4.2 k. Cuando los resultados obtenidos mediante Energy Plus ® son los más elevados, y durante los momentos más cálidos del día, los valores

calculados mediante balance térmico se encuentran más próximos al registro físico de temperatura.

Prototipo sureste – Habitación posterior - Temperatura máxima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	19.5	21.1	18.1	1.6	1.4
01:00	19.5	20.8	17.4	1.3	2.1
02:00	19.0	20.4	16.9	1.4	2.1
03:00	18.5	20.1	16.4	1.6	2.1
04:00	18.5	19.7	15.6	1.2	2.9
05:00	18.0	19.5	15.0	1.5	3.0
06:00	17.5	19.2	13.9	1.7	3.6
07:00	17.5	19.0	13.7	1.5	3.8
08:00	17.0	18.9	14.1	1.9	2.9
09:00	17.0	19.1	15.9	2.1	1.1
10:00	17.5	19.6	18.6	2.1	1.1
11:00	18.0	20.2	21.7	2.2	3.7
12:00	19.0	21.0	23.7	2.0	4.7
13:00	19.5	21.7	26.3	2.2	6.8
14:00	20.0	22.3	27.5	2.3	7.5
15:00	21.0	23.1	28.0	2.1	7.0
16:00	21.5	23.7	28.2	2.2	6.7
17:00	21.5	24.0	27.8	2.5	6.3
18:00	21.5	23.8	27.3	2.3	5.8
19:00	21.5	23.3	25.3	1.8	3.8
20:00	21.0	22.8	23.9	1.8	2.9
21:00	20.5	22.3	22.9	1.8	2.4
22:00	20.5	21.9	21.9	1.4	1.4
23:00	20.0	21.4	20.6	1.4	0.6
				1.8	3.6

Tabla de anexos 8: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo sureste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.8 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 3.6 k.

Prototipo sureste – Habitación posterior - Temperatura mínima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	14.0	14.7	3.6	0.7	10.4
01:00	13.5	14.4	3.0	0.9	10.5
02:00	13.0	14.1	2.3	1.1	10.7
03:00	12.5	13.7	1.7	1.2	10.8
04:00	12.5	13.4	0.9	0.9	11.6
05:00	12.0	13.1	0.5	1.1	11.5
06:00	11.5	12.9	0.3	1.4	11.2
07:00	11.0	12.7	0.8	1.7	10.2
08:00	11.0	12.5	1.6	1.5	9.4
09:00	11.0	12.6	4.6	1.6	6.4
10:00	11.5	13.3	8.2	1.8	3.3
11:00	12.5	14.3	12.0	1.8	0.5
12:00	13.0	15.2	12.8	2.2	0.2
13:00	14.0	15.7	13.8	1.7	0.2
14:00	14.5	16.2	13.4	1.7	1.1
15:00	15.0	16.7	12.6	1.7	2.4
16:00	15.5	17.1	12.1	1.6	3.4
17:00	15.5	17.3	11.4	1.8	4.1
18:00	15.5	17.1	10.7	1.6	4.8
19:00	15.0	16.5	10.3	1.5	4.7
20:00	15.0	16.1	9.9	1.1	5.1
21:00	14.5	15.8	8.2	1.3	6.3
22:00	14.5	15.4	6.1	0.9	8.4
23:00	14.0	15.1	4.6	1.1	9.4
				1.4	6.5

Tabla de anexos 9: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo sureste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.4 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 6.5 k. Cuando los resultados obtenidos mediante Energy Plus ® son los más elevados, y durante el mediodía, los valores calculados mediante balance térmico se encuentran más próximos al registro físico de temperatura.

Prototipo noroeste – Habitación frontal - Temperatura media

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	16.4	18.3	10.9	2.0	5.5
01:00	16.0	18.0	10.1	2.0	5.9
02:00	15.6	17.5	9.3	1.9	6.3
03:00	15.3	17.1	8.6	1.9	6.6
04:00	14.9	16.8	8.1	1.8	6.8
05:00	14.6	16.4	7.5	1.9	7.1
06:00	14.3	16.1	7.0	1.8	7.3
07:00	13.9	15.8	6.9	1.9	7.0
08:00	13.8	15.6	7.4	1.8	6.4
09:00	14.1	15.7	9.7	1.6	4.4
10:00	14.5	16.1	13.4	1.6	1.2
11:00	15.4	16.9	16.6	1.5	1.2
12:00	16.5	17.8	18.8	1.3	2.3
13:00	17.5	18.7	20.5	1.2	3.0
14:00	18.4	19.5	21.4	1.1	3.0
15:00	19.2	20.3	21.6	1.1	2.4
16:00	19.5	20.9	21.0	1.4	1.5
17:00	19.5	21.2	19.8	1.7	0.3
18:00	19.0	21.1	18.5	2.1	0.4
19:00	18.3	20.7	16.9	2.4	1.4
20:00	17.8	20.1	15.2	2.3	2.6
21:00	17.5	19.6	14.0	2.2	3.5
22:00	17.1	19.2	12.7	2.1	4.3
23:00	16.7	18.7	11.8	2.0	5.0
				1.8	4.0

Tabla de anexos 10: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.8 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 4.0 k.

Prototipo noroeste – Habitación frontal - Temperatura máxima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	19.5	21.2	18.1	1.7	1.4
01:00	19.5	20.8	17.4	1.3	2.1
02:00	19.0	20.4	16.9	1.4	2.1
03:00	18.5	19.9	16.4	1.4	2.1
04:00	18.5	19.5	15.6	1.0	2.9
05:00	18.0	19.2	15.0	1.2	3.0
06:00	17.5	18.9	13.9	1.4	3.6
07:00	17.0	18.7	13.7	1.7	3.3
08:00	17.0	18.5	14.0	1.5	3.0
09:00	17.5	18.7	16.0	1.2	1.5
10:00	17.5	19.2	18.7	1.7	1.2
11:00	18.5	19.9	21.9	1.4	3.4
12:00	19.5	20.7	24.1	1.2	4.6
13:00	20.5	21.5	26.9	1.0	6.4
14:00	21.5	22.4	28.2	0.9	6.7
15:00	22.5	23.3	28.8	0.8	6.3
16:00	23.0	24.1	28.5	1.1	5.5
17:00	23.0	24.5	28.0	1.5	5.0
18:00	22.5	24.4	27.4	1.9	4.9
19:00	22.0	23.9	25.3	1.9	3.3
20:00	21.5	23.3	23.9	1.8	2.4
21:00	21.0	22.7	22.9	1.7	1.9
22:00	20.5	22.1	21.9	1.6	1.4
23:00	20.0	21.6	20.6	1.6	0.6
				1.4	3.3

Tabla de anexos 11: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.4 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 3.3 k.

Prototipo noroeste – Habitación frontal - Temperatura mínima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	13.5	14.7	3.6	1.2	9.9
01:00	13.0	14.4	3.0	1.4	10.0
02:00	12.5	14.0	2.3	1.5	10.2
03:00	12.0	13.6	1.7	1.6	10.3
04:00	11.5	13.2	0.9	1.7	10.6
05:00	11.0	12.8	0.5	1.8	10.5
06:00	11.0	12.6	0.3	1.6	10.7
07:00	10.5	12.3	0.7	1.8	9.8
08:00	10.0	12.1	1.6	2.1	8.4
09:00	10.5	12.3	4.6	1.8	5.9
10:00	11.0	12.9	8.3	1.9	2.7
11:00	12.0	14.0	12.3	2.0	0.3
12:00	13.0	15.0	13.3	2.0	0.3
13:00	14.5	15.6	14.4	1.1	0.1
14:00	15.5	16.1	14.2	0.6	1.3
15:00	16.0	16.7	13.4	0.7	2.6
16:00	16.0	17.2	12.4	1.2	3.6
17:00	16.0	17.4	11.5	1.4	4.5
18:00	16.0	17.2	10.8	1.2	5.2
19:00	15.5	16.7	10.4	1.2	5.1
20:00	15.0	16.3	9.9	1.3	5.1
21:00	14.5	15.9	8.2	1.4	6.3
22:00	14.5	15.5	6.1	1.0	8.4
23:00	14.0	15.2	4.6	1.2	9.4
				1.4	6.3

Tabla de anexos 12: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.4 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 6.3 k. Los resultados del balance térmico son más aproximados durante 3 horas, en el mediodía, a los valores físicos.

Prototipo noroeste – Sala comedor - Temperatura media

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	16.4	18.3	11.0	1.9	5.5
01:00	16.0	17.9	10.2	1.9	5.8
02:00	15.6	17.5	9.4	1.9	6.2
03:00	15.2	17.1	8.7	1.9	6.4
04:00	14.8	16.7	8.2	1.9	6.7
05:00	14.5	16.3	7.6	1.8	6.9
06:00	14.1	16.0	7.2	1.9	6.9
07:00	13.8	15.7	7.4	1.9	6.4
08:00	13.6	15.5	8.1	1.9	5.5
09:00	13.7	15.5	10.5	1.8	3.2
10:00	14.2	16.1	14.1	1.8	0.2
11:00	15.3	17.0	17.2	1.7	1.9
12:00	16.6	18.0	19.2	1.5	2.6
13:00	17.8	19.1	20.6	1.3	2.8
14:00	18.9	20.0	21.1	1.1	2.2
15:00	19.9	20.8	21.1	0.9	1.2
16:00	20.2	21.4	20.8	1.2	0.6
17:00	20.0	21.6	19.8	1.6	0.2
18:00	19.3	21.4	18.6	2.1	0.7
19:00	18.7	20.9	17.0	2.2	1.7
20:00	18.2	20.2	15.3	2.1	2.8
21:00	17.8	19.7	14.1	1.9	3.6
22:00	17.3	19.2	12.9	1.9	4.4
23:00	16.8	18.8	11.9	1.9	5.0
				1.8	3.7

Tabla de anexos 13: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.8 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 3.7 k. A las 10, 16, 17, 18 y 19 horas, los resultado del balance térmico son más próximas al registro físico y los valores arrojados por Energy Plus ® son los más elevados.

Prototipo noroeste – Sala comedor - Temperatura máxima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	20.0	21.3	18.0	1.3	2.0
01:00	19.5	20.9	17.4	1.4	2.1
02:00	19.0	20.4	17.0	1.4	2.0
03:00	18.5	19.9	16.4	1.4	2.1
04:00	18.0	19.5	15.7	1.5	2.3
05:00	18.0	19.1	15.0	1.1	3.0
06:00	17.5	18.8	14.1	1.3	3.4
07:00	17.0	18.5	14.1	1.5	2.9
08:00	17.0	18.3	14.7	1.3	2.3
09:00	17.0	18.5	16.8	1.5	0.2
10:00	17.5	19.1	19.4	1.6	1.9
11:00	18.5	20.0	22.3	1.5	3.8
12:00	20.0	21.0	24.4	1.0	4.4
13:00	21.5	22.1	26.8	0.6	5.3
14:00	22.5	23.3	27.9	0.8	5.4
15:00	23.5	24.2	28.2	0.7	4.7
16:00	24.0	24.9	28.2	0.9	4.2
17:00	24.0	25.1	27.9	1.1	3.9
18:00	23.5	24.9	27.4	1.4	3.9
19:00	22.5	24.3	25.4	1.8	2.9
20:00	22.0	23.5	24.0	1.5	2.0
21:00	21.5	22.8	23.1	1.3	1.6
22:00	21.0	22.2	22.0	1.2	1.0
23:00	20.5	21.7	20.7	1.2	0.2
				1.3	2.8

Tabla de anexos 14: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.3 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 2.8 k. A las 9, 22 y 23 horas, los resultado del balance térmico son más próximas al registro físico y los valores arrojados por Energy Plus ® son los más elevados.

Prototipo noroeste – Sala comedor - Temperatura mínima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	13.5	14.7	3.8	1.2	9.7
01:00	13.0	14.3	3.1	1.3	9.9
02:00	12.5	13.8	2.4	1.3	10.1
03:00	12.0	13.4	1.8	1.4	10.2
04:00	11.5	13.0	1.0	1.5	10.5
05:00	11.0	12.7	0.5	1.7	10.5
06:00	10.5	12.4	0.4	1.9	10.1
07:00	10.0	12.1	1.1	2.1	8.9
08:00	10.0	11.9	2.2	1.9	7.8
09:00	10.0	12.1	5.2	2.1	4.8
10:00	10.5	12.8	9.0	2.3	1.5
11:00	11.5	14.1	12.8	2.6	1.3
12:00	13.0	15.0	13.8	2.0	0.8
13:00	14.0	15.7	14.6	1.7	0.6
14:00	15.5	16.3	14.1	0.8	1.4
15:00	16.0	16.9	13.0	0.9	3.0
16:00	16.0	17.4	12.3	1.4	3.7
17:00	16.0	17.6	11.5	1.6	4.5
18:00	15.5	17.2	10.8	1.7	4.7
19:00	15.5	16.7	10.4	1.2	5.1
20:00	15.0	16.2	10.0	1.2	5.0
21:00	15.0	15.8	8.4	0.8	6.6
22:00	14.5	15.4	6.3	0.9	8.2
23:00	14.0	15.1	4.8	1.1	9.2
				1.5	6.2

Tabla de anexos 15: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.5 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 6.2 k. Durante el mediodía, los resultado del balance térmico son más próximas al registro físico y los valores arrojados por Energy Plus ® son los más elevados.

Prototipo noroeste – Habitación posterior - Temperatura media

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	16.8	18.7	10.9	1.8	6.0
01:00	16.5	18.3	10.1	1.8	6.4
02:00	16.2	18.0	9.3	1.8	6.9
03:00	15.9	17.6	8.7	1.7	7.2
04:00	15.6	17.3	8.1	1.7	7.5
05:00	15.3	17.0	7.5	1.7	7.8
06:00	15.0	16.7	7.0	1.7	7.9
07:00	14.6	16.4	7.0	1.8	7.6
08:00	14.5	16.2	7.4	1.7	7.1
09:00	14.5	16.3	9.6	1.8	4.9
10:00	15.0	16.7	13.2	1.6	1.8
11:00	15.8	17.3	16.3	1.5	0.5
12:00	16.7	18.1	18.4	1.4	1.7
13:00	17.7	19.0	20.0	1.2	2.3
14:00	18.7	19.8	20.8	1.1	2.1
15:00	19.8	20.7	21.0	0.8	1.1
16:00	20.8	21.4	20.7	0.7	0.1
17:00	21.0	21.9	19.7	0.9	1.4
18:00	19.6	21.8	18.5	2.3	1.1
19:00	18.6	21.1	16.8	2.5	1.7
20:00	18.2	20.4	15.2	2.2	3.0
21:00	17.8	19.9	14.0	2.1	3.8
22:00	17.5	19.4	12.7	1.9	4.8
23:00	17.1	19.0	11.8	1.9	5.4
				1.6	4.2

Tabla de anexos 16: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.6 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 4.2 k. A las 11, 16, 18 y 19 horas, los resultado del balance térmico son más próximas al registro físico y los valores arrojados por Energy Plus ® son los más elevados.

Prototipo noroeste – Habitación posterior - Temperatura máxima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	20.5	21.5	18.1	1.0	2.4
01:00	20.0	21.2	17.4	1.2	2.6
02:00	19.5	20.8	16.9	1.3	2.6
03:00	19.0	20.4	16.4	1.4	2.6
04:00	18.5	20.1	15.6	1.6	2.9
05:00	18.5	19.7	15.0	1.2	3.5
06:00	18.0	19.5	13.9	1.5	4.1
07:00	18.0	19.3	13.7	1.3	4.3
08:00	17.5	19.1	14.0	1.6	3.5
09:00	17.5	19.3	15.9	1.8	1.6
10:00	18.5	19.7	18.6	1.2	0.1
11:00	19.0	20.3	21.7	1.3	2.7
12:00	20.0	21.1	23.8	1.1	3.8
13:00	21.0	21.8	26.5	0.8	5.5
14:00	22.0	22.6	27.7	0.6	5.7
15:00	24.0	23.7	28.1	0.3	4.1
16:00	26.0	24.7	28.2	1.3	2.2
17:00	27.5	25.3	27.8	2.2	0.3
18:00	24.5	25.2	27.3	0.7	2.8
19:00	22.5	24.4	25.3	1.9	2.8
20:00	22.0	23.6	23.9	1.6	1.9
21:00	21.5	22.9	22.9	1.4	1.4
22:00	21.0	22.3	21.9	1.3	0.9
23:00	20.5	21.9	20.6	1.4	0.1
				1.3	2.7

Tabla de anexos 17: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.3 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 2.7 k. A las 9, 10, 17, 22 y 23 horas, los resultado del balance térmico son más próximas al registro físico y los valores arrojados por Energy Plus ® son los más elevados.

Prototipo noroeste – Habitación posterior - Temperatura mínima

Hora	Registro en sitio	Simulación energy plus	Balance térmico		
00:00	14.0	15.2	3.6	1.2	10.4
01:00	13.5	14.8	3.0	1.3	10.5
02:00	13.0	14.5	2.3	1.5	10.7
03:00	12.5	14.1	1.7	1.6	10.8
04:00	12.5	13.7	0.9	1.2	11.6
05:00	12.0	13.5	0.5	1.5	11.5
06:00	11.5	13.2	0.3	1.7	11.2
07:00	11.0	12.9	0.8	1.9	10.2
08:00	11.0	12.7	1.6	1.7	9.4
09:00	11.0	12.9	4.5	1.9	6.5
10:00	11.5	13.4	8.2	1.9	3.3
11:00	12.5	14.4	12.1	1.9	0.4
12:00	13.5	15.4	12.9	1.9	0.6
13:00	14.0	15.9	13.9	1.9	0.1
14:00	15.5	16.5	13.6	1.0	1.9
15:00	15.0	17.2	12.7	2.2	2.3
16:00	16.0	17.9	12.1	1.9	3.9
17:00	16.0	18.3	11.4	2.3	4.6
18:00	16.0	18.1	10.8	2.1	5.2
19:00	15.5	17.3	10.3	1.8	5.2
20:00	15.0	16.7	9.9	1.7	5.1
21:00	14.5	16.3	8.2	1.8	6.3
22:00	14.5	16.0	6.1	1.5	8.4
23:00	14.0	15.6	4.6	1.6	9.4
				1.7	6.7

Tabla de anexos 18: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo noroeste

La diferencia promedio entre el cálculo de Energy Plus ® y el registro físico en sitio es de 1.7 k. La diferencia promedio entre el balance térmico y el registro en sitio presenta una diferencia promedio de 6.7 k. En el mediodía, los resultado del balance térmico son más próximas al registro físico y los valores arrojados por Energy Plus ® son los más elevados.

Conclusiones sobre las simulaciones de temperatura

La diferencia promedio entre los valores de Energy Plus ® y el registro físico, con respecto a temperatura media es de 1.6 K. En cuanto a temperatura máxima, la diferencia promedio es de 1.6 K. La diferencia promedio entre temperaturas mínimas es de 1.2 K. La diferencia promedio general, entre los resultados obtenidos mediante Energy Plus ® y el registro de temperatura realizado en sitio, es de 1.5 K.

En cuanto al cálculo numérico realizado con la metodología de balance térmico, comparado con el registro físico, la diferencia promedio de temperatura media es de 4.5 K. La diferencia promedio entre valores de temperatura máxima es de 2.9 K. En cuanto a valores de temperatura mínima, la diferencia promedio es de 6.8 K. La diferencia promedio general, entre los valores calculados mediante el balance térmico y el registro en sitio, es de 4.7 K.

La simulación realizada con el software de cálculo Energy Plus ® arrojó resultados, en promedio, más cercanos al registro realizado en sitio, comparada con la simulación numérica desarrollada con la metodología de balance térmico. El cálculo numérico realizado con la metodología del balance térmico obtuvo resultados, en promedio, menos acertados, con una oscilación mayor entre dichos valores. Los valores a emplear para el análisis de comportamiento térmico, habrán de ser aquellos obtenidos mediante el software de cálculo Energy Plus ®.

Contenido de tablas y gráficas anexas

Tabla de anexos 1: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo sureste	LXXXI
Tabla de anexos 2: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo sureste	LXXXII
Tabla de anexos 3: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo sureste	LXXXIII
Tabla de anexos 4: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo sureste	LXXXIV
Tabla de anexos 5: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo sureste	LXXXV
Tabla de anexos 6: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo sureste	LXXXVI
Tabla de anexos 7: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo sureste.....	LXXXVII
Tabla de anexos 8: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo sureste.....	LXXXVIII
Tabla de anexos 9: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo sureste.....	LXXXIX
Tabla de anexos 10: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo noroeste.....	XC
Tabla de anexos 11: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo noroeste.....	XCI
Tabla de anexos 12: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación frontal, temporada fría, prototipo noroeste.....	XCII
Tabla de anexos 13: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo noroeste.....	XCIII
Tabla de anexos 14: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo noroeste.....	XCIV

Tabla de anexos 15: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, sala comedor, temporada fría, prototipo noroeste.....	XCV
Tabla de anexos 16: diferencia entre valores de temperatura media entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo noroeste	XCVI
Tabla de anexos 17: diferencia entre valores de temperatura máxima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo noroeste	XCVII
Tabla de anexos 18: diferencia entre valores de temperatura mínima entre registro físico y simulaciones numéricas, habitación posterior, temporada fría, prototipo noroeste	XCVIII

Gráfica de anexos 1: Diagrama bioclimático mensual, enero	XI
Gráfica de anexos 2: Diagrama bioclimático mensual, febrero	XI
Gráfica de anexos 3: Diagrama bioclimático mensual, marzo.....	XII
Gráfica de anexos 4: Diagrama bioclimático mensual, abril	XII
Gráfica de anexos 5 Diagrama bioclimático mensual, mayo.....	XIII
Gráfica de anexos 6: Diagrama bioclimático mensual, junio	XIII
Gráfica de anexos 7: Diagrama bioclimático mensual, julio.....	XIV
Gráfica de anexos 8: Diagrama bioclimático mensual, agosto	XIV
Gráfica de anexos 9: Diagrama bioclimático mensual, septiembre.....	XV
Gráfica de anexos 10: Diagrama bioclimático mensual, octubre	XV
Gráfica de anexos 11: Diagrama bioclimático mensual, noviembre.....	XVI
Gráfica de anexos 12: Diagrama bioclimático mensual, diciembre	XVI
Gráfica de anexos 13: Diagrama psicrométrico mensual, enero.....	XVII
Gráfica de anexos 14: Diagrama psicrométrico mensual, febrero	XVIII
Gráfica de anexos 15: Diagrama psicrométrico mensual, marzo	XIX
Gráfica de anexos 16: Diagrama psicrométrico mensual, abril	XX
Gráfica de anexos 17: Diagrama psicrométrico mensual, mayo	XXI
Gráfica de anexos 18: Diagrama psicrométrico mensual, junio	XXII
Gráfica de anexos 19: Diagrama psicrométrico mensual, julio	XXIII
Gráfica de anexos 20: Diagrama psicrométrico mensual, agosto.....	XXIV
Gráfica de anexos 21: Diagrama psicrométrico mensual, septiembre	XXV
Gráfica de anexos 22: Diagrama psicrométrico mensual, octubre.....	XXVI

Gráfica de anexos 23: Diagrama psicrométrico mensual, noviembre	XXVII
Gráfica de anexos 24: Diagrama psicrométrico mensual, diciembre	XXVIII
Gráfica de anexos 25: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, primer día de monitoreo	XXIX
Gráfica de anexos 26: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, segundo día de monitoreo	XXIX
Gráfica de anexos 27: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, tercer día de monitoreo	XXX
Gráfica de anexos 28: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, cuarto día de monitoreo	XXX
Gráfica de anexos 29: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, quinto día de monitoreo	XXXI
Gráfica de anexos 30: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, sexto día de monitoreo	XXXI
Gráfica de anexos 31: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, séptimodía de monitoreo	XXXII
Gráfica de anexos 32: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, octavo día de monitoreo	XXXII
Gráfica de anexos 33: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, noveno día de monitoreo	XXXIII
Gráfica de anexos 34: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo día de monitoreo	XXXIII
Gráfica de anexos 35: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo primer día de monitoreo	XXXIV
Gráfica de anexos 36: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo segundo día de monitoreo	XXXIV
Gráfica de anexos 37: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo tercer día de monitoreo	XXXV
Gráfica de anexos 38: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo cuarto día de monitoreo	XXXV
Gráfica de anexos 39: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo quinto día de monitoreo	XXXVI
Gráfica de anexos 40: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo sexto día de monitoreo	XXXVI

Gráfica de anexos 41: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo séptimo día de monitoreo	XXXVII
Gráfica de anexos 42: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo octavo día de monitoreo.....	XXXVII
Gráfica de anexos 43: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, décimo noveno día de monitoreo	XXXVIII
Gráfica de anexos 44: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo día de monitoreo.....	XXXVIII
Gráfica de anexos 45: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo primer día de monitoreo	XXXIX
Gráfica de anexos 46: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo segundo día de monitoreo.....	XXXIX
Gráfica de anexos 47: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo tercer día de monitoreo.....	XL
Gráfica de anexos 48: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo cuarto día de monitoreo.....	XL
Gráfica de anexos 49: registro de temperatura, habitación frontal, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo quinto día de monitoreo.....	XLI
Gráfica de anexos 50: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, primer día de monitoreo.....	XLII
Gráfica de anexos 51: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, segundo día de monitoreo.....	XLII
Gráfica de anexos 52 registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, tercer día de monitoreo	XLIII
Gráfica de anexos 53: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, cuarto día de monitoreo.....	XLIII
Gráfica de anexos 54: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, quinto día de monitoreo.....	XLIV
Gráfica de anexos 55: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, sexto día de monitoreo	XLIV
Gráfica de anexos 56: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, séptimo día de monitoreo.....	XLV
Gráfica de anexos 57: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, octavo día de monitoreo.....	XLV

Gráfica de anexos 58: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, noveno día de monitoreo.....	XLVI
Gráfica de anexos 59: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo día de monitoreo.....	XLVI
Gráfica de anexos 60: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo primer día de monitoreo	XLVII
Gráfica de anexos 61: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo segundo día de monitoreo.....	XLVII
Gráfica de anexos 62: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo tercer día de monitoreo.....	XLVIII
Gráfica de anexos 63: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo cuarto día de monitoreo.....	XLVIII
Gráfica de anexos 64: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo quinto día de monitoreo.....	XLIX
Gráfica de anexos 65: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo sexto día de monitoreo.....	XLIX
Gráfica de anexos 66: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo séptimo día de monitoreo	L
Gráfica de anexos 67: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo octavo día de monitoreo.....	L
Gráfica de anexos 68: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, décimo noveno día de monitoreo	LI
Gráfica de anexos 69: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo día de monitoreo.....	LI
Gráfica de anexos 70: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo primer día de monitoreo	LII
Gráfica de anexos 71: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo segundo día de monitoreo.....	LII
Gráfica de anexos 72: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo tercer día de monitoreo.....	LIII
Gráfica de anexos 73: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo cuarto día de monitoreo.....	LIII
Gráfica de anexos 74: registro de temperatura, habitación posterior, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo quinto día de monitoreo.....	LIV

Gráfica de anexos 75: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, primer día de monitoreo	LV
Gráfica de anexos 76: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, segundo día de monitoreo.....	LV
Gráfica de anexos 77: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, tercer día de monitoreo	LVI
Gráfica de anexos 78: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, cuarto día de monitoreo	LVI
Gráfica de anexos 79: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, quinto día de monitoreo	LVII
Gráfica de anexos 80: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, sexto día de monitoreo	LVII
Gráfica de anexos 81: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, séptimo día de monitoreo.....	LVIII
Gráfica de anexos 82: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, octavo día de monitoreo	LVIII
Gráfica de anexos 83: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, noveno día de monitoreo	LIX
Gráfica de anexos 84: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo día de monitoreo	LIX
Gráfica de anexos 85: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo primer día de monitoreo	LX
Gráfica de anexos 86: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo segundo día de monitoreo.....	LX
Gráfica de anexos 87: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo tercer día de monitoreo.....	LXI
Gráfica de anexos 88: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo cuarto día de monitoreo.....	LXI
Gráfica de anexos 89: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo quinto día de monitoreo.....	LXII
Gráfica de anexos 90: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo sexto día de monitoreo.....	LXII
Gráfica de anexos 91: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo séptimo día de monitoreo	LXIII

Gráfica de anexos 92: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo octavo día de monitoreo.....	LXIII
Gráfica de anexos 93: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, décimo noveno día de monitoreo	LXIV
Gráfica de anexos 94: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo día de monitoreo	LXIV
Gráfica de anexos 95: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo primer día de monitoreo	LXV
Gráfica de anexos 96: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo segundo día de monitoreo.....	LXV
Gráfica de anexos 97: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo tercer día de monitoreo.....	LXVI
Gráfica de anexos 98: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo cuarto día de monitoreo.....	LXVI
Gráfica de anexos 99: registro de temperatura, sala – comedor, ambos prototipos, temporada fría, vigésimo quinto día de monitoreo.....	LXVII
Gráfica de anexos 100: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo sureste, sala-comedor, temporada fría.....	LXVIII
Gráfica de anexos 101: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo sureste, sala comedor, temporada fría	LXIX
Gráfica de anexos 102: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo sureste, habitación frontal, temporada fría	LXX
Gráfica de anexos 103: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo sureste, habitación frontal, temporada fría ...	LXXI
Gráfica de anexos 104: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo sureste, habitación posterior, temporada fría	LXXII
Gráfica de anexos 105: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo sureste, habitación posterior, temporada fría	LXXIII
Gráfica de anexos 106: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo noroeste, sala comedor, temporada fría.....	LXXIV
Gráfica de anexos 107: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo noroeste, sala comedor, temporada fría.....	LXXV
Gráfica de anexos 108: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo noroeste, habitación frontal, temporada fría	LXXVI
Gráfica de anexos 109: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo noroeste, habitación frontal, temporada fría	LXXVII

Gráfica de anexos 110: promedios de temperaturas diarias, media, máxima y mínima. Prototipo noroeste, habitación posterior, temporada fría	LXXVIII
Gráfica de anexos 111: Tabla de temperaturas horarias. Prototipo noroeste, habitación posterior, temporada fría	LXXIX

Esbozo biográfico del autor

Yaheshua Márquez nació en la Ciudad de México el 30 de marzo de 1983. Su infancia se desarrolló en San Luis Potosí, Oaxaca, Veracruz y en el Distrito Federal. A los 21 años se asentó finalmente en la capital del estado de San Luis Potosí. Su educación se llevó a cabo en diversas instituciones públicas, en donde se destacó por su interés por el diseño y las artes visuales. Llevó a cabo una licenciatura en diseño arquitectónico en la Facultad del Hábitat, UASLP, de la cual se graduó en el 2008.

Ha desarrollado su profesión en diversos ámbitos del campo arquitectónico y fuera del mismo. Ha trabajado en el desarrollo de modelos y maquetas para diversos grupos constructores, incluyendo el desarrollo habitacional campestre “Lomas del TEC”. Ha desarrollado la digitalización, renderizado y presentación de 16 proyectos de tipo habitacional, comercial e industrial. Ha participado en 13 proyectos de diseño y construcción de tipo habitacional e industrial. Desarrolló el diseño de piezas mecánicas, en colaboración con ingenieros industriales y diseñadores industriales, para la empresa Biltech Plastic Products. Durante el 2013 trabajó con el despacho de arquitectura “Vivo Arquitectos”, en el área de diseño.

Actualmente se encuentra terminando sus estudios de maestría. Está llevando a cabo un curso de dibujo de figura humana, enfocado a la anatomía de la misma. Se encuentra, también, realizando un proyecto de ilustración para la obra de un poeta potosino.